

***PLIEGO DE  
PRESCRIPCIONES  
TÉCNICAS GENERALES  
PARA OBRAS  
DE CARRETERAS  
Y PUENTES***

***4.<sup>a</sup> edición***

***Actualizada a 6 de abril de 2004***

**PG-3**

***(Con los primeros artículos  
del PG-4)***

**Obra preparada por**

**GERARDO BUSTOS PRETEL**

**Técnico superior de la  
Administración General del Estado**

**Actualización de la edición**

**ENRIQUE PÉREZ IBÁÑEZ**

**Licenciado en Derecho**

A ti.

### **Actualización de este libro**

En la página web [www.liteam.es](http://www.liteam.es) te mantendremos informado de las modificaciones normativas posteriores a la edición de este libro.

1.<sup>a</sup> edición: abril 2001 (CD-Rom)

2.<sup>a</sup> edición: septiembre 2001 (CD-Rom)

3.<sup>a</sup> edición: julio 2002 (versión en papel con CD-Rom)

Anexo de actualización de la 3.<sup>a</sup> edición: noviembre 2002

Anexo de actualización de la 3.<sup>a</sup> edición: diciembre 2002

4.<sup>a</sup> edición: abril 2004 (versión en papel con CD-Rom)

© Gerardo Bustos Pretel

© EDICIONES LITEAM

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro. No está permitida ni su reproducción, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro o por otros métodos. Tampoco está permitido su préstamo, alquiler o cualquier otra forma de cesión de uso del ejemplar sin el permiso previo y por escrito de los titulares del *copyright*.

© Ediciones LITEAM

[www.liteam.es](http://www.liteam.es)

[liteam@liteam.es](mailto:liteam@liteam.es)

ISBN: 84-95596-51-2

Depósito legal: M.18.750-2004

Fotocomposición e impresión: Diseño Gráfico AM2000

C/ Cicerón, 11

Tel.: 91 535 05 81. Fax: 91 553 00 61

# ÍNDICE

Los artículos marcados con un asterisco (\*) son los modificados o incorporados posteriormente a la versión inicial del PG-3 aprobada en 1976.

Los artículos marcados con dos asteriscos (\*\*) son los modificados o incorporados por la OM FOM 891/2004.

Presentación (de la 4.ª edición) ..... 7

Presentación (de la 3.ª edición) ..... 9

Cronología de las modificaciones del PG-3 ..... 11

## Parte 1. Introducción y generalidades

Artículo 100. Definición y ámbito de aplicación.....	21
Artículo 101. Disposiciones generales .....	22
Artículo 102. Descripción de las obras.....	24
Artículo 103. Iniciación de las obras .....	26
Artículo 104. Desarrollo y control de las obras <sup>(*)</sup> .....	28
Artículo 105. Responsabilidades especiales del Contratista .....	32
Artículo 106. Medición y abono.....	33

## Parte 2. Materiales básicos

### Capítulo I. Conglomerantes

Artículo 200. Cales para estabilización de suelos <sup>(*)</sup> .....	37
Artículo 202. Cementos <sup>(*)</sup> .....	41

### Capítulo II. Ligantes bituminosos

Artículo 211. Betunes asfálticos <sup>(*)</sup> .....	44
Artículo 212. Betún fluidificado para riegos de imprimación <sup>(*)</sup> .....	48
Artículo 213. Emulsiones bituminosas <sup>(*)</sup> .....	53
Artículo 214. Betunes fluxados <sup>(*)</sup> .....	58
Artículo 215. Betunes asfálticos modificados con polímeros <sup>(*)</sup> .....	63
Artículo 216. Emulsiones bituminosas modificadas con polímeros <sup>(*)</sup> .....	68

### Capítulo III. Materiales cerámicos y afines

(Sin contenido)

### Capítulo IV. Metales

Artículo 240. Barras corrugadas para hormigón estructural <sup>(*)</sup> .....	73
Artículo 241. Mallas electrosoldadas <sup>(*)</sup> .....	75
Artículo 242. Armaduras básicas electrosoldadas en celosía <sup>(*)</sup> .....	77
Artículo 243. Alambres para hormigón pretensado <sup>(*)</sup>	79
Artículo 244. Cordones de dos (2) o tres (3) alambres para hormigón pretensado <sup>(*)</sup> .	81
Artículo 245. Cordones de siete (7) alambres para hormigón pretensado <sup>(*)</sup> .....	83
Artículo 246. Tendones para hormigón pretensado <sup>(*)</sup> .....	85
Artículo 247. Barras de pretensado <sup>(*)</sup> .....	87
Artículo 248. Accesorios para hormigón pretensado <sup>(*)</sup>	89

## Capítulo V. Pinturas

Artículo 270. Pinturas de minio de plomo para imprimación anticorrosiva de materiales féreos .....	91
Artículo 271. Pinturas de cromato de cinc-óxido de hierro, para imprimación anticorrosiva de materiales féreos .....	95
Artículo 272. Pinturas a base de resinas epoxi para imprimación anticorrosiva de materiales féreos y en acabado de superficies metálicas .....	99
Artículo 273. Esmaltes sintéticos brillantes para acabado de superficies metálicas .....	107
Artículo 274. Pinturas de aluminio para fondo y acabado de superficies metálicas .....	112
Artículo 275. Pinturas al clorocaucho para acabado de superficies metálicas .....	116
Artículo 276. Pinturas de albayalde blancas para superficies de madera, hormigón y materiales pétreos .....	117
Artículo 277. Pinturas rojas para superficies de madera, hormigón y materiales pétreos .....	119

## Capítulo VI. Materiales varios

Artículo 280. Agua a emplear en morteros y hormigones <sup>(*)</sup> .....	122
Artículo 281. Aditivos a emplear en morteros y hormigones <sup>(*)</sup> .....	123
Artículo 282. Cloruro cálcico .....	127
Artículo 283. Adiciones a emplear en hormigones <sup>(*)</sup> .....	128
Artículo 284. Colorantes a emplear en hormigones .....	130
Artículo 285. Productos filmógenos de curado <sup>(*)</sup> .....	131
Artículo 286. Madera .....	135
Artículo 287. Poliestireno expandido para empleo en estructuras <sup>(*)</sup> .....	136
Artículo 288. Cloruro sódico .....	138
Artículo 290. Geotextiles <sup>(*)</sup> .....	139

## Parte 3. Explanaciones

### Capítulo I. Trabajos preliminares

Artículo 300. Desbroce del terreno <sup>(*)</sup> .....	147
Artículo 301. Demoliciones <sup>(*)</sup> .....	149
Artículo 302. Escarificación y compactación <sup>(*)</sup> .....	151
Artículo 303. Escarificación y compactación del firme existente <sup>(*)</sup> .....	152
Artículo 304. Prueba con supercompactador <sup>(*)</sup> .....	153

### Capítulo II. Excavaciones

Artículo 320. Excavación de la explanación y préstamos <sup>(*)</sup> .....	154
Artículo 321. Excavación en zanjas y pozos <sup>(*)</sup> .....	159
Artículo 322. Excavación especial de taludes en roca <sup>(*)</sup> .....	161

## Capítulo III. Rellenos

Artículo 330. Terraplenes <sup>(*)</sup> .....	165
Artículo 331. Pedraplenes <sup>(*)</sup> .....	178
Artículo 332. Rellenos localizados <sup>(*)</sup> .....	185
Artículo 333. Rellenos todo-uno <sup>(*)</sup> .....	188

## Capítulo IV. Terminación

Artículo 340. Terminación y refino de la explanada <sup>(*)</sup> .....	197
Artículo 341. Refino de taludes <sup>(*)</sup> .....	198

## Parte 4. Drenaje

### Capítulo I. Cunetas

Artículo 400. Cunetas de hormigón ejecutadas en obra <sup>(*)</sup> .....	203
Artículo 401. Cunetas prefabricadas <sup>(*)</sup> .....	205

### Capítulo II. Tubos, arquetas y sumideros

Artículo 410. Arquetas y pozos de registro <sup>(*)</sup> .....	208
Artículo 411. Imbornales y sumideros <sup>(*)</sup> .....	210
Artículo 412. Tubos de acero corrugado y galvanizado <sup>(*)</sup> .....	212

### Capítulo III. Drenes subterráneos

Artículo 420. Zanjas drenantes <sup>(*)</sup> .....	215
Artículo 421. Rellenos localizados de material drenante <sup>(*)</sup> .....	218
Artículo 422. Geotextiles como elemento de separación y de filtro <sup>(*)</sup> .....	222

## Parte 5. Firmes

### Capítulo I. Capas granulares

Artículo 510. Zahorras <sup>(**)</sup> .....	229
--	-----

### Capítulo II. Suelos estabilizados y gravas tratadas

Artículo 512. Suelos estabilizados «in situ» <sup>(**)</sup> .....	240
Artículo 513. Materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento) <sup>(**)</sup> .....	256
Artículo 516. Hormigón compactado <sup>(*)</sup> .....	272
Artículo 517. Hormigón magro <sup>(*)</sup> .....	279

**Capítulo III. Riegos y macadam bituminosos**

Artículo 530. Riegos de imprimación <sup>(**)</sup> .....	282
Artículo 531. Riegos de adherencia <sup>(**)</sup> .....	287
Artículo 532. Riegos de curado <sup>(**)</sup> .....	291

**Capítulo IV. Mezclas bituminosas**

Artículo 540. Lechada bituminosa <sup>(**)</sup> .....	296
Artículo 542. Mezclas bituminosas en caliente <sup>(**)</sup> .....	307
Artículo 543. Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura <sup>(**)</sup> .....	330

**Capítulo V. Pavimentos de hormigón**

Artículo 550. Pavimentos de hormigón <sup>(**)</sup> .....	348
Artículo 551. Hormigón magro vibrado <sup>(**)</sup> .....	370

**Capítulo VI. Adoquines**

(Sin contenido)

**Capítulo VII. Obras complementarias**

(Sin contenido)

**Parte 6. Puentes y otras estructuras****Capítulo I. Componentes**

Artículo 600. Armaduras a emplear en hormigón armado.....	389
Artículo 601. Armaduras activas a emplear en hormigón pretensado.....	391
Artículo 610. Hormigones <sup>(*)</sup> .....	397
Artículo 610A. Hormigones de alta resistencia <sup>(*)</sup> .....	404
Artículo 611. Morteros de cemento.....	406
Artículo 612. Lechadas de cemento.....	408
Artículo 613. Lechadas de cemento para inyección de conductos en obras de hormigón pretensado.....	409
Artículo 614. Vigas prefabricadas de hormigón armado o pretensado.....	412
Artículo 615. Resinas epoxi.....	413
Artículo 616. Morteros y hormigones epoxi.....	416
Artículo 620. Perfiles y chapas de acero laminados en caliente, para estructuras metálicas <sup>(*)</sup> .....	417
Artículo 621. Roblones.....	424
Artículo 622. Tornillos ordinarios y calibrados.....	428
Artículo 623. Tornillos de alta resistencia.....	435
Artículo 624. Electrodo a emplear en soldadura manual al arco.....	441

**Capítulo II. Obras de hormigón**

Artículo 630. Obras de hormigón en masa o armado.....	443
Artículo 631. Obras de hormigón pretensado.....	445

**Capítulo III. Estructuras metálicas**

Artículo 640. Estructuras de acero.....	447
---	-----

**Capítulo IV. Obras de fábrica**

Artículo 658. Escollera de piedras sueltas <sup>(*)</sup> .....	468
Artículo 659. Fábrica de gaviones <sup>(*)</sup> .....	470

**Capítulo V. Cimentaciones**

Artículo 670. Cimentaciones por pilotes hincados a percusión <sup>(*)</sup> .....	473
Artículo 671. Cimentaciones por pilotes de hormigón armado moldeados «in situ» <sup>(*)</sup> .....	479
Artículo 672. Pantallas continuas de hormigón armado moldeadas «in situ» <sup>(*)</sup> .....	488
Artículo 673. Tablestacados metálicos <sup>(*)</sup> .....	496
Artículo 675. Anclajes <sup>(*)</sup> .....	499
Artículo 676. Inyecciones <sup>(*)</sup> .....	507
Artículo 677. Jet-grouting <sup>(*)</sup> .....	512

**Capítulo VI. Elementos auxiliares**

Artículo 680. Encofrados y moldes.....	515
Artículo 681. Apeos y cimbras.....	518

**Capítulo VII. Obras varias**

Artículo 690. Impermeabilización de paramentos ...	520
Artículo 691. Juntas de estanquidad en obras de hormigón.....	521
Artículo 692. Apoyos de material elastomérico.....	522
Artículo 693. Montaje de elementos prefabricados.....	523
Artículo 694. Juntas de tablero.....	524
Artículo 695. Pruebas de carga.....	525

## Parte 7. Elementos de señalización, balizamiento y defensa de las carreteras

Artículo 700. Marcas viales <sup>(*)</sup> .....	529
Artículo 701. Señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes <sup>(*)</sup> .....	537
Artículo 702. Captafaros retrorreflectantes de utilización en señalización horizontal. ....	547
Artículo 703. Elementos de balizamiento retrorreflectantes <sup>(*)</sup> .....	552
Artículo 704. Barreras de seguridad <sup>(*)</sup> .....	561

## Parte 8. Varios

Artículo 800. Transporte adicional.....	569
---	-----

## Anexos

### Anexo PG-4

Orden Circular 8/01 .....	587
Artículo 20. Reciclado in situ con emulsión de capas bituminosas .....	589
Artículo 21. Reciclado in situ con cemento de capas de firme.....	598
Artículo 22. Reciclado en central en caliente de capas bituminosas .....	610

# **PRESENTACIÓN**

*(de la cuarta edición)*

Después de la publicación de la tercera edición del PG-3 (julio de 2002), las órdenes circulares 10/2002 y 10bis/2002 modificaron algunos artículos. Tales modificaciones fueron oportunamente publicadas por Ediciones LITEAM como anexos a la tercera edición. Posteriormente, la Orden Ministerial FOM/891/2004, de 1 de marzo (BOE, 6/4/2004), ha hecho suyas éstas y otras modificaciones. De esa manera, esta cuarta edición es la versión del PG-3 actualizada a 6 de abril de 2004.

No obstante, para quienes quieran conocer la peculiar trayectoria legal de esta normativa, se ha actualizado a día de hoy el capítulo titulado «Cronología de las modificaciones del PG-3».

Asimismo, con notas a pie de página, se aclaran las alusiones del PG-3 a la legislación de

contratos, todas ellas relacionadas con la normativa ya derogada. Por ello, en las notas se especifican los artículos de la Ley y el Reglamento de Contratos vigentes que se debe consultar.

A partir de esta edición, las futuras modificaciones serán recogidas al día en la página web de Ediciones LITEAM: [www.liteam.es](http://www.liteam.es). Esto permitirá a los usuarios del libro estar totalmente al corriente de las modificaciones legales del PG-3 desde el mismo momento de su entrada en vigor.

Como siempre, esperamos haber prestado el mejor servicio posible a los usuarios de esta solicitada publicación.

Abril de 2004.

EL EDITOR

# **PRESENTACIÓN**

## *(de la tercera edición)*

Con todas las bendiciones del Consejo de Ministros celebrado el mismo día, una Orden del entonces Ministerio de Obras Públicas aprobó el 6 de febrero de 1976 el PG-3/75 (*BOE*, de 7 de julio). Posteriormente, mediante la Orden Ministerial de 2 de julio de 1976 (*BOE*, del 7) se confirió efecto legal al texto con el mismo nombre publicado por el Servicio de Publicaciones del Departamento.

No cabe duda de que se trata de un documento legal de primerísima importancia para la redacción de proyectos de carreteras y puentes. A pesar de ello, la norma dejó de publicarse como tal hace más de una década. Únicamente y de forma esporádica se han publicado algunas partes que han entrado en vigor en los últimos años.

A ello se añade la peculiar trayectoria legal del PG-3. Si bien se aprobó con rango legal de orden ministerial, con frecuencia ha sido modificado mediante órdenes circulares de la Dirección General de Carreteras, que son normas de rango inferior y, por tanto, no pueden modificar formalmente al PG-3.

Las modificaciones introducidas por éstas órdenes circulares, lejos de ser meras «recomendaciones», se convierten desde el primer momento en normas de obligado cumplimiento en la práctica. Con el agravante de que las órdenes circulares no se publican en el *BOE* y su conocimiento por los usuarios y afectados, por tanto, resulta difícil.

Estos tortuosos senderos legales han desanimado a la Administración y al sector privado a publicar versiones íntegras del PG-3. En estos momentos, y desde hace más de una década, el mercado carece de esta imprescindible herra-

menta. La editorial LITEAM ha querido salir así al paso de una demanda a gritos del sector.

Desde la segunda versión del PG-3 hemos pretendido, además, acercar al máximo la legalidad y la realidad. Por ello, en aquellos casos en los que una orden circular modifica a una orden ministerial, recogemos el nuevo artículo modificado por la orden circular, pero conservando en un recuadro coloreado de oscuro la versión anterior aprobada en su día por orden ministerial, ya que formalmente ésta es la versión legal, aunque en la práctica haya quedado en desuso.

Esta tercera edición, junto con las actualizaciones habidas, incluye como principal novedad la edición en soporte papel al mismo tiempo que en Cd-Rom. Damos así respuesta a la demanda en tal sentido de numerosos usuarios.

Para mayor aclaración del usuario de esta norma, se recoge a continuación una «Cronología de las modificaciones del PG-3». El objetivo es el de sembrar la máxima transparencia en la trayectoria legal del PG-3.

Esta tercera edición está actualizada a 1 de julio de 2002, y recoge como últimas modificaciones habidas hasta la fecha las órdenes ministeriales FOM/475/2002, de 13 de febrero (*BOE*, de 6 de marzo), y FOM/1382/2002, de 16 de mayo (*BOE*, de 11 de junio).

Cabe señalar, finalmente, que también se han incluido en un anexo los primeros artículos aprobados del PG-4.



# ***CRONOLOGÍA DE LAS MODIFICACIONES DEL PG-3 (1976-2004)***

Dado el complejo camino seguido por el PG-3 desde su aparición hasta nuestros días, recogemos a continuación un minucioso seguimiento cronológico de sus cambios, indicando siempre los artículos afectados y el rango de la norma que lo modifica.

## **1976**

El Consejo de Ministros, en su reunión del 6 de febrero de 1976, dio el visto bueno a la Orden Ministerial de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales de la misma fecha (*BOE*, del 7 de julio), que aprobaba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3/75). Posteriormente, mediante la Orden Ministerial del 2 de julio de 1976 (*BOE*, del 7), se confirió efecto legal al publicado por el Servicio de Publicaciones del propio Ministerio.

Desde entonces, las modificaciones experimentadas por el PG-3 han sido las siguientes, en orden cronológico.

## **1986**

### **Orden circular 292/86 T., de mayo de 1986**

Estableció unos requisitos adicionales para los siguientes artículos:

- 278. Pinturas a emplear en marcas viales.
- 700. Marcas viales.

### **Orden Ministerial de 31 de julio de 1986 (BOE, de 5 de septiembre), aprobando la Instrucción sobre Secciones de Firmes en Autovías**

En sus cuatro anexos incluyó la revisión de los siguientes artículos:

- 500. Zahorras naturales (antes «Subbases granulares»).
- 501. Zahorras artificiales.

y creó los siguientes artículos nuevos:

- 516. Hormigón compactado.
- 517. Hormigón magro.

Esta Orden Ministerial quedó derogada con la de 23 de mayo de 1989 (*BOE*, de 30 de junio), que aprobó la Instrucción 6.1 y 2-IC sobre Secciones de Firme. No obstante, se entiende que la derogación se refería a la Instrucción en sí, pero no a los artículos del PG-3 contenidos en sus anexos.

### **Orden circular 293/86 T., sobre ligantes bituminosos (23/12/86)**

Revisó los siguientes artículos:

- 210. Alquitranes para carreteras, que pasa a denominarse Alquitranes.
- 211. Betunes asfálticos.
- 212. Betunes fluidificados.
- 213. Emulsiones asfálticas, que pasa a denominarse Emulsiones bituminosas.

y creó el artículo nuevo siguiente:

- 214. Betunes fluxados.

## 1987

### **Orden circular 294/87 T., de 23 de diciembre de 1987, sobre Recomendaciones sobre riegos con ligantes hidrocarbonados (28/5/1987)**

Revisó los siguientes artículos:

- 530. Riegos de imprimación.
- 531. Riegos de adherencia.
- 533. Tratamientos superficiales (antes artículo 532).

Creó el siguiente artículo nuevo:

- 532. Riegos de curado (antes Tratamientos superficiales).

Y suprimió los siguientes artículos:

- 533. Macadam bituminoso por penetración con ligantes viscosos.
- 534. Macadam bituminoso por penetración con ligantes fluidos.

### **Orden circular 295/87 T., Recomendaciones sobre elementos metálicos para hormigón armado o pretensado (6/8/87)**

Revisó los siguientes artículos:

- 240. Barras lisas para hormigón armado.
- 241. Barras corrugadas para hormigón armado.
- 242. Mallas electrosoldadas.
- 243. Alambres para hormigón pretensado.
- 244. Torzales para hormigón pretensado.
- 245. Cordones para hormigón pretensado.
- 246. Cables para hormigón pretensado.
- 247. Barras para hormigón pretensado.
- 248. Accesorios para hormigón pretensado.

## 1988

### **Orden Ministerial de 21 de enero de 1988 (BOE del 3 de febrero) sobre modificación de determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes**

Revisó los siguientes artículos:

- 210 Alquitranes (antes «Alquitranes para carreteras»).

- 211 Betunes asfálticos.
- 212 Betunes asfálticos fluidificados.
- 213 Emulsiones bituminosas (antes «Emulsiones asfálticas»).
- 240 Barras lisas para hormigón armado.
- 241 Barras corrugadas para hormigón armado.
- 242 Mallas electrosoldadas.
- 243 Alambres para hormigón pretensado.
- 244 Torzales para hormigón pretensado.
- 245 Cordones para hormigón pretensado.
- 246 Cables para hormigón pretensado.
- 247 Barras para hormigón pretensado.
- 248 Accesorios para hormigón pretensado.

y creó el siguiente artículo nuevo:

- 214 Betunes fluxados.

### **Orden circular 297/88 T., de 29 de marzo de 1988, sobre Recomendaciones sobre estabilizaciones de suelos «in situ» y Tratamientos superficiales con ligantes hidrocarbonados**

Revisó los siguientes artículos:

- 510. Suelos estabilizados «in situ» con cal.
- 540. Tratamientos superficiales con lechada bituminosa.

Suprimió el siguiente artículo:

- 511. Suelos estabilizados con productos bituminosos.

E incluyó los siguientes nuevos artículos:

- 511. Suelos estabilizados «in situ» con cemento (recogía parte del artículo 512 Suelos estabilizados con cemento).
- 533. Tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla (antes Macadam por penetración con ligantes bituminosos viscosos).

## 1989

### **Orden circular 299/89, de Recomendaciones sobre mezclas bituminosas en caliente**

Revisó el siguiente artículo:

- 542. Mezclas bituminosas en caliente.

**Orden Ministerial de 8 de mayo de 1989 (BOE del 18), de modificación de determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes**

Modificó los siguientes artículos:

- 210. Alquitranes.
- 211. Betunes asfálticos.
- 212. Betunes asfálticos fluidificados.
- 213. Emulsiones bituminosas.
- 214. Betunes fluxados.

**Orden Ministerial de 18 de septiembre de 1989 (BOE, del 9 de octubre), de modificación de determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes**

Revisó el siguiente artículo:

- 104. Desarrollo y control de las obras.

**1990**

**Orden Circular 311/90 Cy E, de 20 de marzo**

Revisó el siguiente artículo:

- 550. Pavimentos de hormigón vibrado.

**1997**

**Orden Circular 322/97, de 24 de febrero**

Incluyó nuevos artículos:

- 215. Betunes asfálticos modificados con polímeros
- 216. Emulsiones bituminosas modificadas con polímeros
- 543. Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura de pequeño espesor

**Orden Circular 325/97, de 30 de diciembre, sobre señalización, balizamiento y defensa de las carreteras en lo referente a sus materiales constituyentes**

Suprimió los siguientes artículos:

- 278. Pinturas a emplear en marcas viales reflexivas.

- 289. Microesferas de vidrio a emplear en marcas viales reflexivas.
- 700. Marcas viales.

Modificó los artículos:

- 700. Marcas viales (en la que se integraron modificadas la 278, 289 y 700 suprimidas).
- 701. Señales de circulación (que pasó a denominarse 701 Señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes).

Incluyó los siguientes nuevos artículos:

- 702. Captafaros retrorreflectantes de utilización en señalización horizontal.
- 703. Elementos de balizamiento retrorreflectantes.
- 704. Barreras de seguridad.

**1999**

**Orden Ministerial de 27 de diciembre de 1999 por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes en lo relativo a conglomerantes hidráulicos y ligantes hidrocarbonados (BOE, 22/1/2000)**

Modificó los siguientes artículos:

- 202. Cementos.
- 211. Betunes asfálticos.
- 213. Emulsiones bituminosas.
- 214. Betunes fluxados.

Derogó los siguientes artículos:

- 200. Cal aérea.
- 201. Cal hidráulica.
- 210. Alquitranes.

Incorporó los siguientes artículos:

- 200. Cales para estabilización de suelos.
- 212. Betunes fluidificados para riegos de imprimación (este artículo lo que realmente hace es sustituir al anterior artículo 212 «Betunes asfálticos fluidificados»).
- 215. Betunes asfálticos modificados con polímeros.
- 216. Emulsiones bituminosas modificadas con polímeros.

**Orden Ministerial de 28 de diciembre de 1999 por la que se actualiza el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes en lo relativo a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos (BOE, 28/1/2000)**

Derogó los artículos:

- 278. Pinturas a emplear en marcas viales reflexivas.
- 279. Pinturas para imprimación anticorrosiva de superficies de materiales féreos a emplear en señales de circulación.
- 289. Microesferas de vidrio a emplear en marcas viales reflexivas.

Modificó el artículo:

- 700. Marcas viales.

Incorporó los siguientes nuevos artículos:

- 701. Señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes.
- 702. Captafaros retrorreflectantes.
- 703. Elementos de balizamiento retrorreflectantes.
- 704. Barreras de seguridad.

## 2000

**Orden Circular 326/2000, de 17 de febrero, de geotecnia vial en lo referente a materiales para la construcción de explanaciones y drenajes**

Incorporó los siguientes nuevos artículos:

- 290. Geotextiles.
- 333. Rellenos todo-uno.
- 422. Geotextiles como elementos de filtro y drenaje.
- 676. Inyecciones.
- 677. Jet-grouting.

Modificó los siguientes artículos:

- 300. Desbroce del terreno.
- 301. Demoliciones.

- 302. Escarificación y compactación.
- 303. Escarificación y compactación del firme existente.
- 304. Prueba con supercompactador.
- 320. Excavación de la explanación y préstamos.
- 321. Excavación en zanjas y pozos.
- 322. Excavación especial de taludes en roca.
- 330. Terraplenes.
- 331. Pedraplenes.
- 332. Rellenos localizados.
- 340. Terminación y refinado de la explanada.
- 341. Refinado de taludes.
- 400. Cunetas de hormigón ejecutadas en obra.
- 401. Cunetas prefabricadas.
- 410. Arquetas y pozos de registro.
- 411. Imbornales y sumideros.
- 412. Tubos de acero corrugado y galvanizado.
- 420. Zanjas drenantes.
- 421. Rellenos localizados de material filtrante.
- 658. Escollera de piedras sueltas.
- 659. Fábrica de gaviones.
- 670. Cimentaciones por pilotes hincados a percusión.
- 671. Cimentaciones por pilotes de hormigón armado moldeados «in situ».
- 672. Pantallas continuas de hormigón armado moldeadas «in situ».
- 673. Tablestacados metálicos.
- 674. Cimentaciones por cajones indios de hormigón armado.

## 2001

**Orden Circular 5/2001, de 24 de mayo, sobre riegos auxiliares, mezclas bituminosas y pavimentos de hormigón**

Modificó los siguientes artículos:

- 530. Riegos de imprimación.
- 531. Riegos de adherencia.
- 532. Riegos de curado.
- 540. Lechadas bituminosas.
- 542. Mezclas bituminosas en caliente.
- 543. Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura.
- 550. Pavimentos de hormigón vibrado.

## 2002

**Orden Ministerial FOM/475/2002, de 13 de febrero, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes relativos a Hormigones y Aceros (BOE, de 6 de marzo)**

Modificó los siguientes artículos:

- 243. Alambres para hormigón pretensado.
- 248. Accesorios para hormigón pretensado.
- 280. Agua a emplear en morteros y hormigones.
- 285. Productos filmógenos de curado.
- 610. Hormigones.

Incorporó los siguientes nuevos artículos:

- 240. Barras corrugadas para hormigón estructural.
- 241. Mallas electrosoldadas.
- 242. Armaduras básicas electrosoldadas en celosía.
- 244. Cordones en dos (2) o tres (3) alambres para hormigón pretensado.
- 245. Cordones de siete (7) alambres para hormigón pretensado.
- 246. Tendones para hormigón pretensado.
- 247. Barras de pretensado.
- 281. Aditivos a emplear en morteros y hormigones.
- 283. Adiciones a emplear en hormigones.
- 287. Poliestireno expandido para empleo en estructuras.
- 610A. Hormigones de alta resistencia.
- 620. Perfiles y chapas de acero laminados en caliente, para estructuras metálicas.

Suprimió los siguientes artículos:

- 240. Barras lisas para hormigón armado.
- 241. Barras corrugadas para hormigón armado.
- 242. Mallas electrosoldadas.
- 244. Torzales para hormigón pretensado.
- 245. Cordones para hormigón pretensado.
- 246. Cables para hormigón pretensado.
- 247. Barras para hormigón presentado.
- 250. Acero laminado para estructuras metálicas.

- 251. Acero laminado resistente a la corrosión para estructura metálicas.
- 252. Acero forjado.
- 253. Acero moldeado.
- 254. Aceros inoxidables para aparatos de apoyo.
- 260. Bronce a emplear en apoyos.
- 261. Plomo a emplear en juntas y apoyos.
- 281. Aireantes a emplear en hormigones.
- 283. Plastificantes a emplear en hormigones.
- 285. Productos filmógenos de curado.
- 287. Poliestireno expandido.
- 620. Productos laminados para estructuras metálicas.

**Orden Ministerial FOM 1382/2002, de 16 de mayo, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes relativos a la Construcción de Explanaciones, Drenajes y Cimentaciones (BOE, de 11 de julio)**

Modificó los siguientes artículos:

- 300. Desbroce de terreno.
- 301. Demoliciones.
- 302. Escarificación y compactación.
- 303. Escarificación y compactación del firme existente.
- 304. Prueba con supercompactador.
- 320. Excavación de la explanación y prés-tamos.
- 321. Excavación en zanjas y pozos.
- 322. Excavación especial de taludes en roca.
- 330. Terraplenes.
- 331. Pedraplenes.
- 332. Rellenos localizados.
- 340. Terminación y refino de la explanada.
- 341. Refino de taludes.
- 410. Arquetas y pozos de registro.
- 411. Imbornales y sumideros.
- 412. Tubos de acero corrugado y galvanizado.
- 658. Escollera y piedras sueltas.
- 659. Fábrica de gaviones.
- 670. Cimentaciones por pilotes hincados a percusión.
- 671. Cimentaciones por pilotes de hormigón armado moldeados «in situ».
- 672. Pantallas continuas de hormigón armado moldeadas «in situ».
- 673. Tablestacados metálicos.

Incorporó los siguientes nuevos artículos:

- 290. Geotextiles.
- 333. Rellenos todo-uno.
- 400. Cunetas de hormigón ejecutadas en obra.
- 401. Cunetas prefabricadas.
- 420. Zanjas drenantes.
- 421. Rellenos localizados de material drenante.
- 422. Geotextiles como elemento de separación y filtro.
- 675. Anclajes.
- 676. Inyecciones.
- 677. «Jet grouting».

Derogó los siguientes artículos:

- 400. Cunetas y acequias de hormigón ejecutadas en obra.
- 401. Cunetas y acequias prefabricadas de hormigón.
- 420. Drenes subterráneos.
- 421. Rellenos localizados de material filtrante.
- 674. Cimentaciones por cajones indios de hormigón armado.

### **Orden Circular 10/2002, de 30 de septiembre, sobre secciones de firme y capas estructurales de firmes**

Introdujo las siguientes modificaciones:

- Un nuevo artículo 510 sustituyó a los anteriores 500 y 501.
- Un nuevo artículo 512 sustituyó a los anteriores 510 y 511.
- Un nuevo artículo 513 sustituyó a los anteriores 512 y 513.
- Un nuevo artículo 551 sustituyó al anterior 517.

Por tanto, suprimió los anteriores artículos 500, 501, 510, 511, 512, 513 y 517 y aprobó los siguientes artículos, con sus correspondientes enunciados:

- 510. Zahorras.
- 512. Suelos estabilizados in situ.
- 513. Materiales tratados con cemento (suellocemento y gravacemento).
- 551. Hormigón magro vibrado.

### **Orden Circular 10bis/2002, de 27 de noviembre, por la que se modifican parcialmente determinadas referencias al ensayo de azul de metileno en las órdenes circulares 5/01 y 10/02**

Introdujo las siguientes modificaciones:

- Para mantener el nivel de calidad del árido fino, es necesario que se multipliquen por diez (10) los valores de azul de metileno establecidos en los artículos 540, 542, 543, 550, 510 y 513, aprobados por Orden Circular 5/2001, los cuatro primeros y por Orden Circular 10/2002, los dos restantes.

## 2004

### **Orden Ministerial FOM/891/2004, de 1 de marzo, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, relativos a firmes y pavimentos (BOE, 6/4/2004)**

Incorporó los siguientes artículos:

- 510. Zahorras.
- 512. Suelos estabilizados in situ.
- 513. Maeriales tratados con cemento (suellocemento y gravacemento).
- 530. Riegos de imprimación.
- 531. Riegos de adherencia.
- 532. Riegos de curado.
- 540. Lechadas bituminosas.
- 542. Mezclas bituminosas en caliente.
- 543. Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura<sup>(1)</sup>.
- 550. Pavimentos de hormigón.
- 551. Hormigón magro vibrado.

Derogó los siguientes artículos:

- 203. Yesos y escayolas.
- 220. Baldosas de cemento.
- 221. Ladrillos huecos.
- 222. Ladrillos macizos.
- 223. Ladrillos perforados.
- 500. Subbases granulares<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Artículo incorporado por la OC 322/1997, y modificado por la OC 5/2001. La OM891/2004 simplemente la ignora e incorpora un nuevo texto del artículo sin derogar el anterior que hay que suponer derogado.

<sup>(2)</sup> Este artículo fue revisado por el anexo de la OM 31/7/1986, sobre secciones de firmes en autovías. La OM quedó derogada con la de 23 de mayo de 1989, que aprobó las Instrucciones 6.1 y 6.2-IC sobre «Secciones de Firme». No obstante, los artículos relativos al PG-3 incluidos en el anexo no se derogaron.

- 501. Zahorra artificial<sup>(3)</sup>.
- 502. Macadam.
- 510. Suelos estabilizados in situ con cal.
- 511. Suelos estabilizados con productos bituminosos.
- 512. Suelos estabilizados con cemento.
- 513. Grava-cemento.
- 514. Grava-emulsión.
- 515. Grava-escoria.
- 530. Riegos de imprimación.
- 531. Riegos de adherencia.
- 532. Tratamientos superficiales.
- 533. Macadam bituminoso por penetración con ligantes viscosos.
- 534. Macadam bituminoso por penetración con ligantes fluidos.
- 540. Tratamientos superficiales con lechada bituminosa.
- 541. Mezclas bituminosas en frío.
- 542. Mezclas bituminosas en caliente.
- 550. Pavimentos de hormigón.
- 560. Adoquines de piedra labrada.
- 570. Bordillos.
- 650. Chapados de piedra.

- 651. Mampostería careada.
- 652. Mampostería concentrada.
- 653. Mampostería descafilada.
- 654. Mampostería en seco.
- 655. Mampostería ordinaria.
- 656. Sillería.
- 657. Fábricas de ladrillo.

## PG-4

### Orden Circular 8/01 sobre reciclado de firmes

Aprobó los tres primeros artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4):

- 20. Reciclado «in situ» con emulsión de capas bituminosas.
- 21. Reciclado «in situ» con cemento de capas firme.
- 22. Reciclado en central en caliente de capas bituminosas.

<sup>(3)</sup> Ocurrió lo mismo que con el artículo 500.



---

*INTRODUCCIÓN  
Y GENERALIDADES*

*Parte  
1*



# 100. Definición y ámbito de aplicación

## 100.1. Definición

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes, constituye un conjunto de instrucciones para el desarrollo de las obras de carreteras y puentes, y contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales y a las unidades de obra.

## 100.2. Ámbito de aplicación

Las prescripciones de este Pliego serán de aplicación a las obras de carreteras y puentes de cualquier clase adscritas a los Servicios de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, en virtud de las competencias que al Ministerio de Obras Públicas confiere la Ley 51/1974, de 19 de diciembre, de Carreteras, o a los de otra Dirección General del Ministerio de

Obras Públicas que las tenga encomendadas, en todo lo que no sean explícitamente modificadas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y quedarán incorporadas al Proyecto y, en su caso, al Contrato de obras, por simple referencia a ellas en el citado Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, de conformidad con lo que dispone el Artículo 66 del Reglamento General de Contratación<sup>(\*)</sup>.

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de cada Proyecto se indicará preceptivamente que será de aplicación el presente texto del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales.

En todos los artículos del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales se entenderá que su contenido rige para las materias que expresan sus títulos en cuanto no se opongan a lo establecido en la Ley de Contratos del Estado, en el Reglamento General de Contratación<sup>(\*)</sup> y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales. En caso contrario, prevalecerá siempre el contenido de estas disposiciones.

(\*) Actualmente está en vigor la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, cuyo texto refundido se aprobó mediante el Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 de junio. Asimismo, esta Ley se vio desarrollada por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, que aprobó el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas. En el nuevo Reglamento General, la referencia que hace aquí el PG-3 correspondería al artículo 68 del RD 1098/2001, especialmente en su apartado 2.

# 101. Disposiciones generales

## 101.1. Adscripción de las obras

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 3 del Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, en lo sucesivo «PCAG», aprobado por Decreto 3854/1970, de 31 de diciembre.

## 101.2. Dirección de las obras

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 4 del PCAG, en el Reglamento General de Contratación, en lo sucesivo «RGC», y en la Ley de Contratos del Estado<sup>(\*)</sup>.

## 101.3. Funciones del director

Las funciones del Director, en orden a la dirección, control y vigilancia de las obras que fundamentalmente afectan a sus relaciones con el Contratista, son las siguientes:

- Exigir al Contratista, directamente o a través del personal a sus órdenes, el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas, y el cumplimiento del programa de trabajos.

- Definir aquellas condiciones técnicas que los Pliegos de Prescripciones correspondientes dejan a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del Contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del Contrato o aconsejen su modificación, tramitando, en su caso, las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarios para la ejecución de las obras y ocupación de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso, para lo cual el Contratista deberá poner a su disposición el personal y material de la obra.
- Acreditar al Contratista las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del Contrato.
- Participar en las recepciones provisional y definitiva y redactar la liquidación de las obras, conforme a las normas legales establecidas.

(\*) Actualmente está en vigor la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, cuyo texto refundido se aprobó mediante el Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 de junio. El Reglamento General de dicha Ley quedó aprobado mediante el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre.

El Contratista estará obligado a prestar su colaboración al Director para el normal cumplimiento de las funciones a éste encomendadas.

#### 101.4. Personal del contratista

Será de aplicación lo dispuesto en las Cláusulas 5, 6 y 10 del PCAG.

Cuando en los Pliegos Particulares del Contrato se exija una titulación determinada al Delegado del Contratista o la aportación de personal facultativo bajo la dependencia de aquél, el Director vigilará el estricto cumplimiento de tal exigencia en sus propios términos.

La Dirección de las obras podrá suspender los trabajos, sin que de ello se deduzca alteración alguna de los términos y plazos del contrato, cuando no se realicen bajo la dirección del personal facultativo designado para los mismos.

La Dirección de las obras podrá exigir del Contratista la designación de nuevo personal facultativo cuando así lo requieran las necesidades de los trabajos. Se presumirá existe siempre dicho requisito en los casos de incumplimiento de las órdenes recibidas o de negativa a suscribir, con su conformidad o reparos, los documentos que reflejen el desarrollo de las obras, como partes de situación, datos de medición de elementos

a ocultar, resultados de ensayos, órdenes de la Dirección y análogos definidos por las disposiciones del Contrato o convenientes para un mejor desarrollo del mismo.

#### 101.5. Órdenes al contratista

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 8 del PCAG.

Las órdenes emanadas de la Superioridad jerárquica del Director, salvo casos de reconocida urgencia, se comunicarán al Contratista por intermedio de la Dirección. De darse la excepción antes expresada, la Autoridad promotora de la orden la comunicará a la Dirección con análoga urgencia.

Se hará constar en el Libro de Órdenes al iniciarse las obras o, en caso de modificaciones, durante el curso de las mismas, con el carácter de orden al Contratista, la relación de personas que, por el cargo que ostentan o la delegación que ejercen, tienen facultades para acceder a dicho libro y transcribir en él las que consideren necesario comunicar al Contratista.

#### 101.6. Libro de incidencias

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 9 del PCAG.

# 102. Descripción de las obras

## 102.1. Pliego de prescripciones técnicas particulares

Será de aplicación lo dispuesto en el Artículo 66 del Reglamento General de Contratación<sup>(\*)</sup>.

En el caso de que las prescripciones de los documentos generales mencionados en dicho Artículo 66 prevean distintas opciones para determinado material, sistema de ejecución, unidad de obra, ensayo, etc., fijará exactamente la que sea de aplicación.

## 102.2. Planos

Será de aplicación lo dispuesto en el Artículo 65 del RGC<sup>(\*)</sup>.

Todos los planos de detalle preparados durante la ejecución de las obras deberán estar suscritos por el Director, sin cuyo requisito no podrán ejecutarse los trabajos correspondientes.

## 102.3. Contradicciones, omisiones o errores

Será de aplicación lo dispuesto en los dos últimos párrafos del Artículo 158 del RGC<sup>(\*)</sup>.

(\*) Actualmente está en vigor la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, cuyo texto refundido se aprobó mediante el RD Legislativo 2/2000, de 16 de junio. El Reglamento General de dicha Ley quedó aprobado mediante el RD 1098/2001, de 12 de octubre.

Por tanto, en este artículo del PG-3 se hace alusión al Reglamento de Contratos ya derogado y, en consecuencia, ha de tenerse en cuenta lo siguiente en cada caso:

- Con respecto al punto 102.1, debe consultarse el artículo 68 del RD 1098/2001, de 12 de octubre.
- Con respecto al punto 102.2, debe consultarse el artículo 129 del RD 1098/2001, que hace referencia a los planos.
- Con respecto a los errores del proyecto mencionados en el punto 102.3, debe consultarse el artículo 149, apartados d) y e), del RD Legislativo 2/2000.
- Por lo que se refiere a los documentos contractuales a que alude el punto 102.4.1, se deben consultar los artículos 67, 138, 139, 140 y 144 del RD 1098/2001.

En caso de contradicción entre los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, prevalece lo prescrito en este último. En todo caso, ambos documentos prevalecerán sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales. Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos; siempre que, a juicio del Director, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente, y ésta tenga precio en el Contrato.

En todo caso, las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos por el Director, o por el Contratista, deberán reflejarse preceptivamente en el Acta de comprobación del replanteo.

## 102.4. Documentos que se entregan al contratista

Los documentos, tanto del Proyecto como otros complementarios, que la Administración entregue al Contratista, pueden tener un valor contractual o meramente informativo.

#### 102.4.1. *Documentos contractuales*

Será de aplicación lo dispuesto en los Artículos 82, 128 y 129 del RGC y en la Cláusula 7 del PCAG<sup>(\*)</sup>.

Será documento contractual el programa de trabajo, cuando sea obligatorio, de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 128 del RGC<sup>(\*)</sup> o, en su defecto, cuando lo disponga expresamente el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

En el caso de estimarse necesario calificar de contractual cualquier otro documento del Proyecto, se hará constar así en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, estableciendo a continuación las normas por las que se regirán los incidentes de contradicción con los otros documentos contractuales, de forma análoga a la expresada en el artículo 102.3 del presente Pliego. No obstante lo anterior, el carácter contractual sólo se considerará aplicable a dicho documento si se menciona expresamente en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, de acuerdo con el Artículo 82.1 del RGC<sup>(\*)</sup>.

#### 102.4.2. *Documentos informativos*

Los datos sobre sondeos, procedencia de materiales, a menos que tal procedencia se exija en el Pliego de Prescripciones Técnicas particulares, ensayos, condiciones locales, diagramas de movimientos de tierras, estudios de maquinaria, de programación, de condiciones climáticas, de justificación de precios y, en general, todos lo que se incluyen habitualmente en la Memoria de los Proyectos, son documentos informativos. Dichos documentos representan una opinión fundada de la Administración. Sin embargo, ello no supone que se responsabilice de la certeza de los datos que se suministran; y, en consecuencia, deben aceptarse tan sólo como complementos de la información que el Contratista debe adquirir directamente y con sus propios medios.

Por tanto, el Contratista será responsable de los errores que se pueden derivar de su defecto o negligencia en la consecución de todos los datos que afectan al Contrato, al planeamiento y a la ejecución de las obras.

# 103. *Iniciación de las obras*

## 103.1. Inspección de las obras

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 21 del PCAG.

Corresponde la función de inspección de las obras a los superiores jerárquicos del Director dentro de la organización de la Dirección General de Carreteras, sin perjuicio de la inspección complementaria que pueda establecerse al amparo de la Cláusula 21 del PCAG.

Si, excepcionalmente, el Director estuviera afecto a Servicio distinto al que haya sido adscrita la obra, y en defecto de lo que disponga la Resolución en la que se le designe para tal función, el Servicio, a los exclusivos efectos de inspección, designará las personas u órganos a quienes compete dicha función.

## 103.2. Comprobación del replanteo

Será de aplicación lo dispuesto en el Artículo 127 del RGC<sup>(\*)</sup> y en las Cláusulas 24, 25 y 26 del PCAG. Se hará constar, además de los contenidos expresados en dicho Artículo y Cláusulas, las contradicciones, errores u omisiones que se hu-

bieran observado en los documentos contractuales del Proyecto.

El Contratista transcribirá, y el Director autorizará con su firma, el texto del Acta en el Libro de Órdenes.

La comprobación del replanteo deberá incluir, como mínimo, el eje principal de los diversos tramos de obra y los ejes principales de las obras de fábrica; así como los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalle.

Las bases de replanteo se marcarán mediante monumentos de carácter permanente.

Los datos, cotas y puntos fijados se anotarán en un anejo al Acta de Comprobación del Replanteo, al cual se unirá el expediente de la obra, entregándose una copia al Contratista.

## 103.3. Programa de trabajos

Será de aplicación lo dispuesto en los Artículos 128 y 129 del RGC<sup>(\*)</sup> y en la Cláusula 27 del PCAG.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, bien expresamente, por citación de Instrucción de carácter general dictada al amparo del Artículo 74 del RGC<sup>(\*)</sup>, o mediante referencia

(\*) Actualmente está en vigor la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, cuyo texto refundido se aprobó mediante el RD Legislativo 2/2000, de 16 de junio. El Reglamento General de esta Ley quedó aprobado con el RD 1098/2001, de 12 de octubre.

Por tanto, no son vigentes las alusiones que este artículo del PG-3 hace al Reglamento de Contratación derogado y, en su lugar, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Con respecto a la comprobación del replanteo del punto 103.2, debe consultarse el artículo 142 del RD Legislativo 2/2000 y los artículos 138, 139, 140 y 141 del RD 1098/2001.
- En lo referente al programa de trabajo que se aborda en el punto 103.3, debe consultarse el artículo 124.1.e del RD Legislativo 2/2000 y los artículos 132 y 144 del RD 1098/2001.
- En lo que concierne a la orden de inicio de obras que desarrolla el punto 103.4, debe consultarse el artículo 142 del RD Legislativo 2/2000 y los artículos 139, 140 y 141 del RD 1098/2001.

al Programa que con carácter informativo figure en el Proyecto aprobado, fijará el método a emplear, tales como diagrama de barras, Pert, C.P.M. o análogos, y grado de desarrollo, especificando los grupos de unidades de obra que constituyen cada una de las actividades, los tramos en que deben dividirse las obras, y la relación de obras, como túneles, grandes viaductos y análogas, que exigen un programa específico.

El programa de trabajos deberá tener en cuenta los períodos que la Dirección de obra precisa para proceder a los replanteos de detalle y a los preceptivos ensayos de aceptación.

#### 103.4. Orden de iniciación de las obras

Será de aplicación lo dispuesto en el Artículo 127 del RGC<sup>(9)</sup> y en la Cláusula 24 del PCAG.

Si, no obstante haber formulado observaciones el Contratista que pudieran afectar a la ejecución del Proyecto, el Director decidiere su iniciación, el Contratista está obligado a iniciarlas, sin perjuicio de su derecho a exigir, en su caso, la responsabilidad que a la Administración incumbe como consecuencia inmediata y directa de las órdenes que emite.

# 104. *Desarrollo y control de las obras* (\*)

## 104.1. Replanteo de detalle de las obras

El Director de las obras aprobará los replanteos de detalle necesarios para la ejecución de la obras, y suministrará al contratista toda la información de que disponga para que aquéllos puedan ser realizados.

## 104.2. Equipos de maquinaria

Cualquier modificación que el contratista propusiere introducir en el equipo de maquinaria cuya aportación revista carácter obligatorio, por venir exigida en el contrato o haber sido comprometida en la licitación, deberá ser aceptada por la Administración, previo informe del Director de las obras.

## 104.3. Ensayos

Será preceptiva la realización de los ensayos mencionados expresamente en los pliegos de prescripciones técnicas citados en la normativa técnica de carácter general que resulte aplicable.

En relación con los productos importados de otros Estados miembros de la Comunidad Económica Europea, aun cuando su designación y, eventualmente, su marcaje fueran distintos de los indicados en el presente pliego, no será precisa la realización de nuevos ensayos si de los documentos que acompañen a dichos productos se desprendiere claramente que se trata, efectivamente, de productos idénticos a los que se designan en Es-

paña de otra forma. Se tendrán en cuenta, para ello, los resultados de los ensayos que hubieran realizado las autoridades competentes de los citados Estados, con arreglo a sus propias normas.

Si una partida fuere identificable, y el contratista presentare una hoja de ensayos, suscrita por un laboratorio aceptado por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, o por otro Laboratorio de pruebas u Organismo de control o certificación acreditado en un Estado miembro de la Comunidad Económica Europea, sobre la base de las prescripciones técnicas correspondientes, se efectuarán únicamente los ensayos que sean precisos para comprobar que el producto no ha sido alterado durante los procesos posteriores a la realización de dichos ensayos.

El límite máximo fijado en los pliegos de cláusulas administrativas para el importe de los gastos que se originen para ensayos y análisis de materiales y unidades de obra de cuenta del Contratista no será de aplicación a los necesarios para comprobar la presunta existencia de vicios o defectos de construcción ocultos. De confirmarse su existencia tales gastos se imputarán al contratista.

## 104.4. Materiales

Si el pliego de prescripciones técnicas particulares no exigiera una determinada procedencia, el contratista notificará al Director de las obras con suficiente antelación la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, a fin de que por el Director de las obras puedan ordenarse los ensayos necesarios para acreditar su idoneidad. La aceptación de las procedencias propuestas será requisito indispensable para el

(\*) Artículo modificado por la OM de 28/9/1989.



acopio de los materiales, sin perjuicio de la ulterior comprobación, en cualquier momento, de la permanencia de dicha idoneidad.

Los productos importados de otros Estados miembros de la Comunidad Económica Europea, incluso si se hubieran fabricado con arreglo a prescripciones técnicas diferentes de las que se contienen en el presente pliego, podrán utilizarse si asegurasen un nivel de protección de la seguridad de los usuarios equivalente al que proporcionan éstas.

Si el pliego de prescripciones técnicas particulares fijase la procedencia de unos materiales, y durante la ejecución de las obras se encontrasen otros idóneos que pudieran emplearse con ventaja técnica o económica sobre aquéllos, el Director de las obras podrá autorizar o, en su caso, ordenar un cambio de procedencia a favor de éstos.

Si el Contratista obtuviera de terrenos de titularidad pública productos minerales en cantidad superior a la requerida para la obra, la Administración podrá apropiarse de los excesos, sin perjuicio de la responsabilidades que para aquél pudieran derivarse.

El Director de las obras autorizará al contratista el uso de los materiales procedentes de demolición, excavación o tala en las obras; el caso contrario le ordenará los puntos y formas de acopio de dicho materiales, y el Contratista tendrá derecho al abono de los gastos suplementarios de transporte, vigilancia y almacenamiento.

#### 104.5. Acopios

El emplazamiento de los acopios en los terrenos de las obras o en los marginales que pudieran afectarlas, así como el de los eventuales almacenes, requerirá la aprobación previa del Director de las obras.

Si los acopios de áridos se dispusieran sobre el terreno natural, no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores. Estos acopios se construirán por capas de espesor no superior a metro y medio (1,5 m), y no por montones cónicos.

Las cargas se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Si se detectasen anomalías en el suministro, los materiales se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad.

Esta misma medida se aplicará cuando se autorice un cambio de procedencia.

Las superficies utilizadas deberán acondicionarse, una vez utilizado el acopio, restituyéndolas a su natural estado.

Todos los gastos e indemnizaciones, en su caso, que se deriven de la utilización de los acopios serán de cuenta del Contratista.

#### 104.6. Trabajos nocturnos

Los trabajos nocturnos deberán ser previamente autorizados por el Director de las obras, y realizarse solamente en las unidades de obra que él indique. El Contratista deberá instalar equipo de iluminación, del tipo e intensidad que el Director de las obras ordene, y mantenerlos en perfecto estado mientras duren los trabajos.

#### 104.7. Trabajos defectuosos

El pliego de prescripciones técnicas particulares deberá, en su caso, expresar los límites dentro de los que se ejercerá la facultad del Director de las obras de proponer a la Administración la aceptación de unidades de obra defectuosas o que no cumplan estrictamente las condiciones del contrato, con la consiguiente rebaja de los precios, si estimase que las mismas son, sin embargo, admisibles. En este caso el Contratista quedará obligado a aceptar los precios rebajados fijados por la Administración, a no ser que prefiriere demoler y reconstruir las unidades defectuosas, por su cuenta y con arreglo a las condiciones del contrato.

El Director de las obras, en el caso de que se decidiese la demolición y reconstrucción de cualquier obra defectuosa, podrá exigir del Contratista la propuesta de las pertinentes modificaciones en el programa de trabajo, maquinaria, equipo y personal facultativo, que garanticen el cumplimiento de los plazos o la recuperación, en su caso, del retraso padecido.

#### 104.8. Construcción y conservación de desvíos

Si, por necesidades surgidas durante el desarrollo de las obras, fuera necesario construir desvíos provisionales o accesos a tramos total o parcialmente terminados, se construirán con arreglo a las instrucciones del Director de las obras como si hubieran figurado en los documentos del contrato; pero el Contratista tendrá derecho a que se le abonen los gastos ocasionados.

Salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares dispusiera otra cosa, se entenderá incluido en el precio de los desvíos previstos en el contrato el abono de los gastos de su conservación. Lo mismo ocurrirá con los tramos de obra cuya utilización haya sido asimismo prevista.

## 104.9. Señalización, balizamiento y defensa de obras e instalaciones

El Contratista será responsable del estricto cumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia, y determinará las medidas que deban adoptarse en cada ocasión para señalizar, balizar y, en su caso, defender las obras que afecten a la libre circulación. El Director de las obras podrá introducir las modificaciones y ampliaciones que considere adecuadas para cada tajo, mediante las oportunas órdenes escritas, las cuales serán de obligado cumplimiento por parte del Contratista.

No deberán iniciarse actividades que afecten a la libre circulación por una carretera sin que se haya colocado la correspondiente señalización, balizamiento y, en su caso, defensa. Estos elementos deberán ser modificados e incluso retirados por quien los colocó, tan pronto como varíe o desaparezca la afección a la libre circulación que originó su colocación, cualquiera que fuere el período de tiempo en que no resultaran necesarios, especialmente en horas nocturnas y días festivos. Si no se cumpliera lo anterior la Administración podrá retirarlos, bien directamente o por medio de terceros, pasando el oportuno cargo de gastos al Contratista, quien no podrá reemprender las obras sin abonarlo ni sin restablecerlos.

Si la señalización de instalaciones se aplicase sobre instalaciones dependientes de otros Organismos públicos, el Contratista estará además obligado a lo que sobre el particular establezcan éstos; siendo de cuenta de aquél los gastos de dicho organismo en ejercicio de las facultades inspectoras que sean de su competencia.

## 104.10. Precauciones especiales durante la ejecución de las obras

### 104.10.1. Drenaje

Durante las diversas etapas de su construcción, las obras se mantendrán en todo momento

en perfectas condiciones de drenaje. Las cunetas y demás desagües se conservarán y mantendrán de modo que no se produzcan erosiones de los taludes adyacentes.

### 104.10.2. Heladas

Cuando se teman heladas, el Contratista protegerá todas las zonas de las obras que pudieran ser perjudicadas por ellas. Las partes dañadas se levantarán y reconstruirán a su costa, de acuerdo con el presente pliego.

### 104.10.3. Incendios

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes para la prevención y control de incendios, y a las instrucciones complementarias que figuren en el pliego de prescripciones técnicas particulares, o que se dicten por el Director de las obras.

En todo caso, adoptará las medidas necesarias para evitar que se enciendan fuegos innecesarios, y será responsable de evitar la propagación de los que se requieran para la ejecución de las obras, así como de los daños y perjuicios que se pudieran producir.

### 104.10.4. Uso de explosivos

La adquisición, transporte, almacenamiento, conservación, manipulación y empleo de mechas, detonadores y explosivos se regirán por las disposiciones vigentes en la materia y por las instrucciones complementarias que figuren en el pliego de prescripciones técnicas particulares, o que se dicten por el Director de las obras.

Los almacenes de explosivos deberán estar claramente identificados, y estar situados a más de trescientos metros (300 m) de la carretera o de cualquier construcción.

En las voladuras se pondrá especial cuidado en la carga y pega de los barrenos, dando aviso de las descargas con antelación suficiente para evitar accidentes. La pega de los barrenos se hará, a ser posible, a hora fija y fuera de la jornada laboral, o durante los descansos del personal de la obra en la zona afectada por las voladuras, no permitiéndose la circulación de personas ni vehículos dentro del radio de acción

de éstas, desde cinco minutos (5 min) antes de prender fuego a las mechas hasta después que hayan estallado todos los barrenos.

Se usará preferentemente mando eléctrico a distancia, comprobando previamente que no sean posibles explosiones incontroladas debidas a instalaciones o líneas eléctricas próximas. En todo caso se emplearán mechas y detonadores de seguridad.

El personal que intervenga en la manipulación y empleo de explosivos deberá ser de reconocida práctica y pericia en estos menesteres, y reunir las condiciones adecuadas a la responsabilidad que corresponde a estas operaciones.

El Contratista suministrará y colocará las señales necesarias para advertir al público de su trabajo con explosivos. Su emplazamiento y estado de conservación deberán garantizar su perfecta visibilidad en todo momento.

En todo caso, el Contratista cuidará especialmente de no poner en peligro vidas ni propiedades, y será responsable de los daños que se deriven del empleo de explosivos.

## 104.11. Modificaciones de obra

Cuando el Director de las obras ordenase, en caso de emergencia, la realización de aquellas unidades de obra que fueran imprescindibles o indispensables para garantizar o salvaguardar la permanencia de partes de obra ya ejecutadas anteriormente, o para evitar daños inmediatos a terceros, si dichas unidades de obra no figurasen en los cuadros de precio del contrato, o si su ejecución requiriese alteración de importancia en los programas de trabajo y disposición de maquinaria, dándose asimismo la circunstancia de que tal emergencia no fuere imputable al contratista ni consecuencia de fuerza mayor, éste formulará las observaciones que estimase oportunas a los efectos de la tramitación de las subsiguientes modificaciones de obra, a fin de que el Director de las obras, si lo estimase conveniente, compruebe la procedencia del correspondiente aumento de gastos.

# 105. *Responsabilidades especiales del contratista*

## 105.1. Daños y perjuicios

Será de aplicación lo dispuesto en el Artículo 134 del RGC<sup>(\*)</sup>.

En relación con las excepciones que el citado Artículo prevé sobre Indemnizaciones a terceros, la Administración podrá exigir al Contratista la reparación material del daño causado por razones de urgencia, teniendo derecho el Contratista a que se le abone los gastos que de tal reparación se deriven.

## 105.2. Objetos encontrados

Será de aplicación lo dispuesto en la cláusula 19 del PCAG.

Además de lo previsto en dicha Cláusula, si durante las excavaciones se encontraran restos arqueológicos, se suspenderán los trabajos y se dará cuenta con la máxima urgencia a la Dirección. En el plazo más perentorio posible, y previos los correspondientes asesoramientos, el Di-

rector confirmará o levantará la suspensión, de cuyos gastos, en su caso, podrá reintegrarse el Contratista.

## 105.3. Evitación de contaminaciones

El Contratista estará obligado a cumplir las órdenes de la Dirección cuyo objeto sea evitar la contaminación del aire, cursos de agua, lagos, mares, cosechas y, en general, cualquier clase de bien público o privado que pudieran producir las obras o instalaciones y talleres anejos a las mismas, aunque hayan sido instalados en terreno de propiedad del Contratista, dentro de los límites impuestos en las disposiciones vigentes sobre conservación de la naturaleza.

## 105.4. Permisos y licencias

Será de aplicación lo dispuesto en el Artículo 131 del RGC<sup>(\*)</sup> y en la Cláusula 20 del PCAG.

(\*) Actualmente está en vigor la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, cuyo texto refundido se aprobó mediante el RD Legislativo 2/2000, de 16 de junio. El Reglamento General de esta Ley quedó aprobado con el RD 1098/2001, de 12 de octubre.

Por tanto, no son vigentes las alusiones que este artículo del PG-3 hace al Reglamento de Contratación derogado y, en su lugar, debe tenerse en cuenta:

- Por lo que respecta a los daños y perjuicios del punto 105.1, se deben consultar los artículos 95 y 97 del RD Legislativo 2/2000 y los artículos 98 y 99 del RD 1098/2001.
- Acerca de los permisos y licencias abordados en el punto 105.4, se debe consultar el artículo 142 del RD 1098/2001.

# 106. *Medición y abono*

## 106.1. *Medición de las obras*

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 45 del PCAG.

La forma de realizar la medición y las unidades de medida a utilizar será las definidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Cuando el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indique la necesidad de pesar materiales directamente, el Contratista deberá situar, en los puntos que designe el Director, las básculas o instalaciones necesarias, debidamente contrastadas, para efectuar las mediciones por peso requeridas; su utilización deberá ir precedida de la correspondiente aprobación del citado Director. Dichas básculas o instalaciones serán a costa del Contratista, salvo que se especifique lo contrario en los documentos contractuales correspondientes.

## 106.2. *Abono de las obras*

### 106.2.1. *Certificaciones*

En la expedición de certificaciones registrará lo dispuesto en el Artículo 142 del RGC, Cláusulas

46 y siguientes del PCAG y Artículo 5.º del Decreto 461/1971, de 11 de marzo, apartado uno<sup>(\*)</sup>.

### 106.2.2. *Anualidades*

Será de aplicación lo dispuesto en el Artículo 152 del RGC<sup>(\*)</sup> y en la Cláusula 53 del PCAG.

La modificación de las anualidades fijadas para el abono del Contrato se ajustará a lo previsto en las citadas disposiciones.

El Contratista necesitará autorización previa del director para ejecutar las obras con mayor celeridad de la prevista. Éste podrá exigir las modificaciones pertinentes en el Programa de Trabajos, de forma que la ejecución de unidades de obra que deban desarrollarse sin solución de continuidad no se vea afectada por la aceleración de parte de dichas unidades. Todo ello de acuerdo con lo previsto en la Cláusula 53 del PCAG.

### 106.2.3. *Precios unitarios*

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 51 del PCAG.

De acuerdo con lo dispuesto en dicha Cláusula, los precios unitarios fijados en el Contrato para

(\*) Actualmente está en vigor la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, cuyo texto refundido se aprobó mediante el RD Legislativo 2/2000, de 16 de junio. El Reglamento General de esta Ley quedó aprobado con el RD 1098/2001, de 12 de octubre.

Por tanto, no son vigentes las menciones que este artículo del PG-3 hace al Reglamento de Contratación derogado y, en su lugar, debe tenerse en cuenta:

- Por lo que se refiere a las certificaciones del punto 106.2.1, se deben consultar los artículos 108 y 147 del RD Legislativo 2/2000 y los artículos 164, 166 y 169 del RD 1098/2001.
- Acerca de las anualidades a que se refiere el punto 106.2.2, se debe consultar el artículo 14.3 del RD Legislativo 2/2000 y el artículo 96 del RD 1098/2001.
- Sobre los daños a terceros y excepciones de pago a los que alude el último párrafo del punto 106.3, debe tenerse en cuenta lo que establece el artículo 97 del RD Legislativo 2/2000.

cada unidad de obra cubrirán todos los gastos efectuados para la ejecución material de la unidad correspondiente, incluidos los trabajos auxiliares, siempre que expresamente no se diga lo contrario el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y figuren en el Cuadro de Precios los de los elementos excluidos como unidad independiente.

#### 106.2.4. *Partidas alzadas*

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 52 del PCAG.

Además de lo que se prescribe en dicha Cláusula, las partidas alzadas de abono íntegro deberán incluirse en los Cuadros de Precios del Proyecto.

#### 106.2.5. *Tolerancias*

Cuando el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares prevea determinadas tolerancias en la cantidad de unidades de obra, caso de las excavaciones, de las diferencias de medición entre unidades que se miden previa y posteriormente a su empleo, y análogos, el Contratista tendrá derecho al abono realmente realizada, hasta el límite fijado por la tolerancia prevista, no siendo de abono en ningún caso las cantidades que excedan de dicho límite.

#### 106.3. *Otros gastos de cuenta del contratista*

Serán de cuenta del Contratista, siempre que en el Contrato no se prevea explícitamente

lo contrario, los siguientes gastos, a título indicativo:

- Los gastos de construcción, remoción y retirada de toda clase de construcciones auxiliares.
- Los gastos de alquiler o adquisición de terrenos para depósitos de maquinaria y materiales.
- Los gastos de protección de acopios y de la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio, cumpliendo los requisitos vigentes para el almacenamiento de explosivos y carburantes.
- Los gastos de limpieza y evacuación de desperdicios y basura.
- Los gastos de conservación de desagües.
- Los gastos de suministro, colocación y conservación de señales de tráfico y demás recursos necesarios para proporcionar seguridad dentro de las obras.
- Los gastos de remoción de las instalaciones, herramientas, materiales y limpieza general de la obra a su terminación.
- Los gastos de montaje, conservación y retirada de instalaciones para el suministro del agua y energía necesarios para las obras.
- Los gastos de demolición de las instalaciones provisionales.
- Los gastos de retirada de los materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes enyazos y pruebas.
- Los daños a terceros, con las excepciones que señala el Artículo 134 del RGC.

---

*MATERIALES  
BÁSICOS*

*Parte  
2*

# 200. Cales para estabilización de suelos (\*)

## 200.1. Definición

Se definen como cales para estabilización de suelos aquellos conglomerantes constituidos principalmente por óxidos o hidróxidos de calcio [CaO, Ca(OH)<sub>2</sub>] con o sin óxidos o hidróxidos de magnesio [MgO, Mg(OH)<sub>2</sub>] y cantidades menores de óxidos de silicio (SiO<sub>2</sub>), hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), empleados para la construcción de carreteras.

## 200.2. Condiciones generales

Las definiciones, denominaciones y especificaciones de las cales para estabilización de suelos serán las que figuren en la UNE 80 502.

Además de lo anterior, el contenido de óxido de magnesio (MgO), según la UNE-EN 459-2, deberá ser inferior al diez por ciento (10%) en masa. En caso de que el contenido de óxido de magnesio (MgO), cumpliendo el límite del diez por ciento (10%), tenga un valor superior al siete por ciento (7%), se determinará la estabilidad de volumen, según la UNE-EN 459-2, y el resultado deberá cumplir las condiciones señaladas para calificarlo como «pasa» en la UNE-ENV 459-1. Para cales clase II, el contenido de agua libre, según la UNE-EN 459-2, deberá ser inferior al dos por ciento (2%) en masa.

Las cales para estabilización de suelos deberán presentar un aspecto homogéneo y no un estado grumoso o aglomerado.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará, previa realización de los ensayos correspondientes, la clase de cal más adecuada a

emplear para la estabilización de cada tipo de suelo.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

## 200.3. Transporte y almacenamiento

La cal para estabilización de suelos será transportada en cisternas presurizadas y dotadas de medios neumáticos o mecánicos para el trasego rápido de su contenido a los silos de almacenamiento o a los equipos que alimentan a las máquinas de extendido. Los silos de almacenamiento serán estancos y estarán provistos de sistemas de filtros.

Excepcionalmente, en obras de pequeño volumen y a juicio del Director de las Obras, para el suministro, transporte y almacenamiento de cal se podrán emplear sacos de acuerdo con lo indicado al respecto en la vigente «Instrucción para la recepción de cales en obras de estabilización de suelos (RCA-92)» o normativa que la sustituya.

En el transporte, almacenamiento y manejo, se tendrán en cuenta las normas indicadas en las fichas de seguridad para ambas clases de cal. Estas fichas de seguridad deberán ser las recomendadas oficialmente o, en su defecto, deberán ser dadas por el suministrador.

(\*) Artículo incorporado por la OM de 27/12/1999.



El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas a tomar para el cumplimiento de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad laboral, almacenamiento y transporte.

El Director de las Obras podrá comprobar, con la frecuencia que crea necesaria, las condiciones de almacenamiento y sistemas de transporte y trasiego en todo cuanto pudiera afectar a la calidad del material; y de no ser de su conformidad, suspenderá la utilización del contenido del saco, silo o cisterna correspondiente hasta la comprobación de las características que estime convenientes de las exigidas en este artículo, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en la vigente «Instrucción para la recepción de cales en obras de estabilización de suelos (RCA-92)» o normativa que la sustituya.

## 200.4. Suministro e identificación

### 200.4.1. Suministro

Para el suministro de cal para estabilización de suelos será de aplicación lo dispuesto en la vigente «Instrucción para la recepción de cales en obras de estabilización de suelos (RCA-92)» o normativa que la sustituya.

### 200.4.2. Identificación

Cada remesa de cal para estabilización de suelos que llegue a obra irá acompañada de un albarán con documentación anexa y una hoja de características con los resultados de los análisis y ensayos correspondientes a la producción a la que pertenezca la remesa suministrada.

El albarán o la documentación anexa contendrá explícitamente, al menos, los siguientes datos:

- Nombre y dirección del fabricante y de la empresa suministradora.
- Fecha de fabricación y de suministro.
- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Cantidad que se suministra.
- Denominación comercial, si la hubiese, y clase de cal para estabilización de suelos suministrada, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.

- Nombre y dirección del comprador y destino.
- Referencia del pedido.
- En su caso, certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 200.7 del presente artículo.
- Instrucciones de trabajo si fuera necesario.
- Información de seguridad si fuera necesaria.

La hoja de características contendrá explícitamente, al menos:

- Referencia del albarán de la remesa.
- Denominación comercial, si la hubiese, y clase de cal para estabilización de suelos suministrada, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Contenido en óxidos de calcio y magnesio, según la UNE-EN 459-2.
- Contenido en dióxido de carbono, según la UNE-EN 459-2.
- Finura, según la UNE-EN 459-2.
- Reactividad, según la UNE 80 502.

A juicio del Director de las Obras se podrán exigir los valores del resto de las características especificadas en el apartado 200.2 del presente artículo.

## 200.5. Control de calidad

Si con el producto se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto, según lo indicado en el apartado 200.7 del presente artículo, los criterios descritos a continuación para realizar el control de recepción no serán de aplicación obligatoria, excepto lo que se refiere al control adicional (apartado 200.5.2), sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

### 200.5.1. Control de recepción

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará, de acuerdo con lo dispuesto en el

apartado 200.5.3, en bloque, a la cantidad de cal de la misma clase y procedencia recibida semanalmente, en suministros continuos o cuasi continuos, o cada uno de los suministros, en suministros discontinuos. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro tamaño de lote.

De cada lote se tomarán dos (2) muestras siguiendo el procedimiento indicado en la vigente «Instrucción para la recepción de cales en obras de estabilización de suelos (RCA-92)» o normativa que la sustituya; una para realizar los ensayos de recepción y otra para ensayos de contraste que se conservará al menos durante cien (100) días, en un recipiente adecuado y estanco, donde las muestras queden protegidas de la humedad, del CO<sub>2</sub> atmosférico y de la posible contaminación producida por otros materiales. Cuando el suministrador de la cal lo solicite, se tomará una tercera muestra para éste.

Los ensayos de recepción serán los siguientes:

- Contenido de óxidos de calcio y magnesio, según la UNE-EN 459-2.
- Contenido de dióxido de carbono, según la UNE-N 459-2.
- Finura, según la UNE-EN 459-2.
- Reactividad, según la UNE 80 502.

### 200.5.2. Control adicional

Una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces durante la ejecución de la obra, por cada clase de cal para estabilización de suelos, y cuando lo especifique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se realizarán obligatoriamente los ensayos de recepción necesarios para la comprobación de las características especificadas en el presente artículo.

Si la cal hubiese estado almacenada en condiciones atmosféricas normales durante un plazo superior a dos (2) meses, antes de su empleo se realizarán, como mínimo, sobre una muestra representativa de la cal almacenada, sin excluir los terrones que hubieran podido formarse, los ensayos de contenido de dióxido de carbono y finura. Si no cumpliera lo establecido para estas características, se procederá a su homogeneización y realización de nuevos ensayos, o a su retirada.

En ambientes muy húmedos o en condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales,

el Director de las Obras podrá reducir el plazo de dos (2) meses anteriormente indicado para la comprobación de las condiciones de almacenamiento de la cal.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el Director de las Obras lo considere conveniente, se llevarán a cabo los ensayos necesarios para la comprobación de las características que estime necesarias, de entre las especificadas en el presente artículo.

Para las cales para estabilización de suelos que dispongan de una hoja de ensayos suscrita por un laboratorio dependiente del Ministerio de Fomento o un laboratorio acreditado por él, o por otro laboratorio de ensayos u organismo de control o certificación acreditado en un Estado miembro de la Unión Europea o que sea parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo sobre la base de las prescripciones técnicas correspondientes, se tendrán en cuenta los resultados de los ensayos que se hayan realizado en el correspondiente Estado miembro y no se repetirán innecesariamente los mismos ensayos. Para ello, los laboratorios en cuestión deberán ofrecer unas garantías razonables y satisfactorias en cuanto a su cualificación técnica y profesional y a su independencia (por ejemplo, según la EN 45000). No obstante lo anterior, la presentación de dicha hoja de ensayos no afectará en ningún caso a la realización ineludible de los ensayos de contenido de óxidos de calcio y magnesio, contenido de dióxido de carbono, finura y reactividad.

### 200.5.3. Criterios de aceptación o rechazo

El Director de las Obras indicará las medidas a adoptar en el caso de que la cal para estabilización de suelos no cumpla alguna de las especificaciones establecidas en el presente artículo. En cualquier caso, la remesa se rechazará si, en el momento de abrir el recipiente que la contenga, apareciera en estado grumoso o aglomerado.

### 200.6. Medición y abono

La medición y abono de la cal para estabilización de suelos se realizará de acuerdo con lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas

Particulares para la unidad de obra de la que forme parte.

En acopios, la cal se abonará por toneladas (t) realmente acopiadas.

### **200.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad**

A los efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad se estará a lo dispuesto en la vigente Instrucción para la re-

cepción de cales en obras de estabilización de suelos.

#### **Normas de referencia**

UNE 80 502 Cales vivas o hidratadas utilizadas en la estabilización de suelos.

UNE-ENV 459-1 Cales para construcción. Parte 1: definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.

UNE-EN 459-2 Cales para construcción. Parte 2: métodos de ensayo.

## 202. Cementos (\*)

### 202.1. Definición

Se definen como cementos los conglomerantes hidráulicos que, finamente molidos y convenientemente amasados con agua, forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como bajo agua.

### 202.2. Condiciones generales

Las definiciones, denominaciones y especificaciones de los cementos de uso en obras de carreteras y de sus componentes serán las que figuran en las siguientes normas:

- UNE 80 301 Cementos. Cementos comunes. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- UNE 80 303 Cementos resistentes a sulfatos y/o agua de mar.
- UNE 80 305 Cementos blancos.
- UNE 80 306 Cementos de bajo calor de hidratación.
- UNE 80 307 Cementos para usos especiales.
- UNE 80 310 Cementos de aluminato de calcio.

Asimismo, será de aplicación todo lo dispuesto en la vigente «Instrucción para la recepción de cementos (RC-97)» o normativa que la sustituya (\*\*).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará el tipo, clase resistente y, en su caso, las características especiales de los cementos a emplear en cada unidad de obra.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

### 202.3. Transporte y almacenamiento

El cemento será transportado en cisternas presurizadas y dotadas de medios neumáticos o mecánicos para el trasiego rápido de su contenido a los silos de almacenamiento.

El cemento se almacenará en uno o varios silos, adecuadamente aislados contra la humedad y provistos de sistemas de filtros.

El cemento no llegará a obra excesivamente caliente. Si su manipulación se realizara por medios neumáticos o mecánicos, su temperatura no excederá de setenta grados Celsius (70 °C), y si se realizara a mano, no excederá del mayor de los dos límites siguientes:

- Cuarenta grados Celsius (40 °C).
- Temperatura ambiente más cinco grados Celsius (5 °C).

Cuando se prevea que puede presentarse el fenómeno de falso fraguado, deberá comprobar-

(\*) Modificado por la OM de 27/12/1999.

(\*\*) Actualmente la normativa en vigor es la RC-03, también editado por Liteam.

se, con anterioridad al empleo del cemento, que éste no presenta tendencia a experimentar dicho fenómeno, realizándose esta determinación según la UNE 80114.

Excepcionalmente, en obras de pequeño volumen y a juicio del Director de las Obras, para el suministro, transporte y almacenamiento de cemento se podrán emplear sacos de acuerdo con lo indicado al respecto en la vigente «Instrucción para la recepción de cementos (RC-97)» o normativa que la sustituya.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas a tomar para el cumplimiento de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad laboral, almacenamiento y de transporte.

El Director de las Obras podrá comprobar, con la frecuencia que crea necesaria, las condiciones de almacenamiento, así como los sistemas de transporte y trasiego en todo cuanto pudiera afectar a la calidad del material; y de no ser de su conformidad, suspenderá la utilización del contenido del saco, silo o cisterna correspondiente hasta la comprobación de las características que estime convenientes de las exigidas en este artículo, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en la vigente «Instrucción para la recepción de cementos (RC-97)» o normativa que la sustituya.

## 202.4. Suministro e identificación

### 202.4.1. Suministro

Para el suministro del cemento será de aplicación lo dispuesto en el artículo 9 de la vigente «Instrucción para la recepción de cementos (RC-97)» o normativa que la sustituya

### 202.4.2. Identificación

Cada remesa de cemento que llegue a obra irá acompañada de un albarán con documentación anexa conteniendo los datos que se indican en el apartado 9.b) de la vigente «Instrucción para la recepción de cementos (RC-97)» o normativa que la sustituya. Adicionalmente, contendrá también la siguiente información:

- Resultados de análisis y ensayos correspondientes a la producción a la que pertenezca, según la UNE 80 403.

- Fecha de expedición del cemento desde la fábrica. En el caso de proceder el cemento de un centro de distribución se deberá añadir también la fecha de expedición desde dicho centro de distribución.

## 202.5. Control de calidad

Si con el producto se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto, según lo indicado en el apartado 202.7 del presente artículo, los criterios descritos a continuación para realizar el control de recepción no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras. Se comprobará la temperatura del cemento a su llegada a obra.

### 202.5.1. Control de recepción

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará, de acuerdo a lo dispuesto en el apartado 202.5.3 del presente artículo, en bloque, a la cantidad de cemento del mismo tipo y procedencia recibida semanalmente, en suministros continuos o casi continuos, o cada uno de los suministros, en suministros discontinuos. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro tamaño de lote.

De cada lote se tomarán dos (2) muestras, siguiendo el procedimiento indicado en la vigente «Instrucción para la recepción de cementos (RC-97)» o normativa que la sustituya; una para realizar los ensayos de recepción y otra para ensayos de contraste que se conservará al menos durante cien (100) días, en un lugar cerrado, donde las muestras queden protegidas de la humedad, el exceso de temperatura o la contaminación producida por otros materiales. Cuando el suministrador de cemento lo solicite, se tomará una tercera muestra para éste.

La recepción del cemento se realizará de acuerdo al procedimiento establecido en el artículo 10 de la vigente «Instrucción para la recepción de cementos (RC-97)» o normativa que la sustituya.

### 202.5.2. *Control adicional*

Una (1) vez cada tres (3) meses y como mínimo tres (3) veces durante la ejecución de la obra, por cada tipo, clase resistente de cemento, y cuando lo especifique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras, se realizarán obligatoriamente los mismos ensayos indicados anteriormente como de recepción.

Si el cemento hubiera estado almacenado, en condiciones atmosféricas normales, durante un plazo superior a un (1) mes, dentro de los diez (10) días anteriores a su empleo se realizarán, como mínimo, los ensayos de fraguado y resistencia a compresión a tres (3) y siete (7) días sobre una muestra representativa de cada lote de cemento almacenado, sin excluir los terrones que hubieran podido formarse. El Director de las Obras definirá los lotes de control del cemento almacenado. En todo caso, salvo si el nuevo período de fraguado resultase incompatible con las condiciones particulares de la obra, la sanción definitiva acerca de la idoneidad de cada lote de cemento para su utilización en obra vendrá dada por los resultados de los ensayos exigidos a la unidad de obra de la que forme parte.

En ambientes muy húmedos, o en condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el Director de las Obras podrá variar el plazo de un (1) mes anteriormente indicado para la comprobación de las condiciones de almacenamiento del cemento.

### 202.5.3. *Criterios de aceptación o rechazo*

El Director de las Obras indicará las medidas a adoptar en el caso de que el cemento no cum-

pla alguna de las especificaciones establecidas en el presente artículo.

### 202.6. *Medición y abono*

La medición y abono del cemento se realizará de acuerdo con lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la unidad de obra de la que forme parte.

En acopios, el cemento se abonará por toneladas (t) realmente acopiadas.

### 202.7. *Especificaciones técnicas y distintivos de calidad*

A los efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad se estará a lo dispuesto en la vigente Instrucción para la recepción de cementos.

#### Normas de referencia

UNE 80 114. Métodos de ensayo de cementos. Ensayos físicos. Determinación de los fraguados anormales (método de la pasta de cemento).

UNE 80 301. Cementos. Cementos comunes. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.

UNE 80 303. Cementos resistentes a sulfatos y/o agua de mar.

UNE 80 305. Cementos blancos.

UNE 80 306. Cementos de bajo calor de hidratación.

UNE 80 307. Cementos para usos especiales.

UNE 80 310. Cementos de aluminato de calcio.

UNE 80 403. Cementos: Evaluación de la conformidad.

# 211. *Betunes asfálticos* (\*)

## 211.1. Definición

Se definen como betunes asfálticos los ligantes hidrocarbonados sólidos o viscosos, preparados a partir de hidrocarburos naturales por destilación, oxidación o «cracking», que contienen una baja proporción de productos volátiles, poseen propiedades aglomerantes características y son esencialmente solubles en sulfuro de carbono.

## 211.2. Condiciones generales

Los betunes asfálticos deberán presentar un aspecto homogéneo y estar prácticamente exentos de agua, de modo que no formen espuma cuando se calienten a la temperatura de empleo.

A efectos de aplicación de este artículo, la denominación del tipo de betún asfáltico se compondrá de la letra B seguida de dos números (indicadores del valor mínimo y máximo admisible de su penetración, según la NLT-124) separados por una barra inclinada a la derecha (/), especificándose para su aplicación en carreteras los tipos indicados en la tabla 211.1

De acuerdo con su denominación, las características de los betunes asfálticos deberán cumplir las especificaciones de la tabla 211.1.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995) por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedi-

mientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

## 211.3. Transporte y almacenamiento

El betún asfáltico será transportado en cisternas calorífugas y provistas de termómetros situados en puntos bien visibles. Las cisternas deberán estar preparadas para poder calentar el betún asfáltico cuando, por cualquier anomalía, la temperatura de éste baje excesivamente para impedir su trasiego. Asimismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

El betún asfáltico se almacenará en uno o varios tanques, adecuadamente aislados entre sí, que deberán estar provistos de bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y que contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios, situados en puntos de fácil acceso.

Los tanques deberán ser calorífugos y estar provistos de termómetros situados en puntos bien visibles y dotados de su propio sistema de calefacción, capaz de evitar que, por cualquier anomalía, la temperatura del producto se desvíe de la fijada para el almacenamiento en más de diez grados Celsius (10 °C). Asimismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, las cisternas empleadas para el transporte de betún asfáltico estarán dotadas de medios neumáticos o mecánicos para el trasiego rápido de su contenido a los mismos. Cuando se empleen bombas de trasiego serán preferibles las de tipo rotativo a las centrífugas.

(\*) Modificado por la OM de 27/12/1999.



**Tabla 211.1**  
**Especificaciones de betunes asfálticos**

Característica	Unidad	Norma NLT	B13/22		B40/50		B60/70		B80/100		B150/200		B200/300	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
<b>Betún original</b>														
Penetración (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	13	22	40	50	60	70	80	100	150	200	200	300
Índice de penetración		181	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Punto de reblandecimiento anillo y bola	°C	125	60	72	52	61	48	57	45	53	38	45	34	41
Punto de fragilidad fraass	°C	182	—	+1	—	-5	—	-8	—	-10	—	-15	—	-20
<i>Ductilidad (5 cm/min):</i>	A 15 °C	cm	126	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—
	A 25 °C	cm	126	10	—	70	—	90	—	100	—	100	—	—
Solubilidad en tolueno	%	130	99,5	—	99,5	—	99,5	—	99,5	—	99,5	—	99,5	—
Contenido en agua (en volumen)	%	123	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2
Punto de inflamación	°C	127	235	—	235	—	235	—	235	—	235	—	235	—
Densidad relativa (25 °C/25 °C)*		122	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—
<b>Residuo después de película fina</b>														
Variación de masa	%	185	—	0,5	—	0,8	—	0,8	—	1,0	—	1,4	—	1,5
Penetración (25 °C; 100 g; 5 s)	% p.o.	124	60	—	55	—	50	—	45	—	40	—	35	—
Variación punto de reblandecimiento anillo y bola	°C	125	—	7	—	8	—	9	—	10	—	11	—	12
<i>Ductilidad (5 cm/min):</i>	A 15 °C	cm	126	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—
	A 25 °C	cm	126	5	—	40	—	50	—	75	—	100	—	—

Todas las tuberías y bombas utilizadas para el trasiego del betún asfáltico, desde la cisterna de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar calefactadas, aisladas térmicamente y dispuestas de modo que se puedan limpiar fácil y perfectamente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

El trasiego desde las cisternas de transporte a los tanques de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas a tomar; para el cumplimiento de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad laboral, almacenamiento y transporte.

El Director de las Obras comprobará, con la frecuencia que crea necesaria, los sistemas de transporte y trasiego y las condiciones de almacenamiento en todo cuanto pudiera afectar a la calidad del material; y de no ser de su conformidad, suspenderá la utilización del contenido del tanque o cisterna correspondiente hasta la comprobación de las características que estime convenientes, de entre las indicadas en la tabla 211.1.

## 211.4. Recepción e identificación

Cada cisterna de betún asfáltico que llegue a obra irá acompañada de un albarán, una hoja de características con los resultados de los análisis y ensayos correspondientes a la producción a la que pertenezca la cisterna suministrada y un certificado de garantía de calidad que exprese el cumplimiento de las especificaciones exigidas al tipo de betún asfáltico suministrado, de acuerdo con la tabla 211.1.

Si el fabricante tuviera para este producto certificado acreditativo del cumplimiento; de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 211.7 del presente artículo, y lo hiciera constar en el albarán, no precisará acompañar el certificado de garantía de calidad.

El albarán contendrá explícitamente, al menos, los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.



- Fecha de fabricación y de suministro.
- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Cantidad que se suministra.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de betún asfáltico suministrado de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Nombre y dirección del comprador y del destino.
- Referencia del pedido.
- En su caso, certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 211.7 del presente artículo.

La hoja de características contendrá explícitamente, al menos:

- Referencia del albarán de la cisterna.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de betún asfáltico suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Valores de penetración, según la NLT-124, del índice de penetración, según la NLT-181, y del punto de fragilidad Fraass, según la NLT-182.

A juicio del Director de las Obras se podrán exigir, además, los siguientes datos:

- La curva de peso específico en función de la temperatura.
- La temperatura máxima de calentamiento.
- Los valores del resto de las características especificadas en la tabla 211.1, que deberán ser aportados por el suministrador en un plazo no superior a siete (7) días.

## 211.5. Control de calidad

Si con el producto se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto, según lo indicado en el apartado 211.7 del presente artículo, los criterios descritos a continuación para realizar el control de recepción de las cisternas,

no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

### 211.5.1. Control de recepción de las cisternas

De cada cisterna de betún asfáltico que llegue a la obra se tomarán dos (2) muestras de, al menos, un kilogramo (1 kg), según la NLT-121, en el momento del trasvase del material de la cisterna al tanque de almacenamiento.

Sobre una de las muestras se realizará la determinación de la penetración, según la NLT-124, y la otra se conservará hasta el final del período de garantía.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro criterio para el control de recepción de las cisternas.

### 211.5.2. Control a la entrada del mezclador

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará, de acuerdo a lo dispuesto en el apartado 211.5.4 del presente artículo, en bloque, a la cantidad de cien toneladas (100 t) o fracción diaria de betún asfáltico. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro tamaño de lote.

De cada lote se tomarán dos (2) muestras de, al menos, un kilogramo (1 kg), según la NLT-121, en algún punto situado entre la salida del tanque de almacenamiento y la entrada del mezclador.

Sobre una de las muestras se realizará la determinación de la penetración, según la NLT-124, y la otra se conservará hasta el final del período de garantía.

### 211.5.3. Control adicional

Una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces, durante la ejecución de la obra, por cada tipo y composición de betún asfáltico, y cuando lo especifique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se realizarán los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la tabla 211.1.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el Director de las Obras lo considere conveniente, se llevarán a cabo los ensayos necesarios para la comprobación de las características que estime necesarias, de entre las especificadas en la tabla 211.1.

Para los betunes asfálticos que dispongan de una hoja de ensayos suscrita por un laboratorio dependiente del Ministerio de Fomento o un laboratorio acreditado por él, o por otro laboratorio de ensayos u organismo de control o certificación acreditado en un Estado Miembro de la Unión Europea o que sea parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo sobre la base de las prescripciones técnicas correspondientes, se tendrán en cuenta los resultados de los ensayos que se hayan realizado en el correspondiente Estado miembro y no se repetirán innecesariamente los mismos ensayos. Para ello, los laboratorios en cuestión deberán ofrecer unas garantías razonables y satisfactorias en cuanto a su cualificación técnica, y profesional y a su independencia (por ejemplo, según la EN 45000). No obstante lo anterior, la presentación de dicha hoja de ensayos no afectará en ningún caso a la realización ineludible de los ensayos de penetración, índice de penetración y punto de fragilidad Fraass.

#### 211.5.4. *Criterios de aceptación o rechazo*

El Director de las Obras indicará las medidas a adoptar en el caso de que el betún asfáltico no cumpla alguna de las especificaciones establecidas en la tabla 211.1.

#### 211.6. **Medición y abono**

La medición y abono del betún asfáltico se realizará según lo indicado para la unidad de obra de la que forme parte.

En acopios, el betún asfáltico se abonará por toneladas (t) realmente acopiadas.

#### 211.7. **Especificaciones técnicas y distintivos de calidad**

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos con-

templados en el presente artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas, exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en, el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o; distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

#### Normas de referencia

NLT-121. Toma de muestras de los materiales bituminosos.

NLT-122. Densidad y densidad relativa de los materiales bituminosos.

NLT-123. Agua en los materiales bituminosos.

NLT-124. Penetración de los materiales bituminosos.

NLT-125. Punto de reblandecimiento anillo y bola de los materiales bituminosos.

NLT-126. Ductilidad de los materiales bituminosos.

NLT-127. Puntos de inflamación y combustión de los materiales bituminosos (aparato Cleveland, vaso abierto).

NLT-130. Solubilidad de los materiales bituminosos en disolventes orgánicos.

NLT-181. Índice de penetración de los betunes asfálticos.

NLT-182. Punto de fragilidad Fraass de los materiales bituminosos.

NLT-185. Efecto del calor y del aire sobre los materiales bituminosos en película fina.

# 212. *Betún fluidificado para riegos de imprimación* (\*)

## 212.1. Definición

Se define como betún fluidificado para riegos de imprimación al ligante hidrocarbonado resultante de la incorporación a un betún asfáltico —de los definidos en el artículo 211 del presente Pliego— de fracciones líquidas, más o menos volátiles, procedentes de la destilación del petróleo y que se emplea en carreteras para la impermeabilización de capas granulares no estabilizadas.

## 212.2. Condiciones generales

El betún fluidificado para riegos de imprimación deberá presentar un aspecto homogéneo y estar prácticamente exento de agua, de modo que no forme espuma, cuando se caliente a la temperatura de empleo, y no deberá presentar signos de coagulación antes de su utilización.

A efectos de aplicación de este artículo, la denominación del tipo de betún fluidificado para riegos de imprimación será FM100, cuyas características deberán cumplir las especificaciones de la tabla 212.1.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995) por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

## 212.3. Transporte y almacenamiento

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas a tomar para el cumplimiento de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad laboral, almacenamiento y transporte.

El Director de las Obras comprobará, con la frecuencia que crea necesaria, los sistemas de transporte y trasiego y las condiciones del almacenamiento en todo cuanto pudiera afectar a la calidad del material; y de no ser de su conformidad, suspenderá la utilización del contenido del bidón, tanque o cisterna correspondiente, hasta la comprobación de las características que estime conveniente, de entre las indicadas en la tabla 212.1.

### 211.3.1. En bidones

Los bidones empleados para el transporte de betún fluidificado para riegos de imprimación estarán constituidos por una virola de una sola pieza, no presentarán desperfectos ni fugas y su sistema de cierre será hermético.

Los bidones con betún fluidificado para riegos de imprimación se almacenarán en instalaciones donde queden adecuadamente protegidos de la humedad, calor excesivo, y de la zona de influencia de motores, máquinas, fuegos o llamas; y se colocarán preferentemente tumbados. Se extenderá la vigilancia de estas condiciones si se temiera que la temperatura ambiente alcanzase valores cercanos al punto de inflamación del betún fluidificado.

(\*) Artículo modificado por la OM de 27/12/1999.

**Tabla 212.1**  
**Especificaciones del betún fluidificado para riegos de imprimación**

Característica	Unidad	Norma NLT	FM100	
			Mín.	Máx.
<b>Betún fluidificado</b>				
Punto de inflamación	°C	136	38	—
Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C	s	133	75	150
Destilación (%sobre volumen total destilado hasta 360 °C)	A 225 °C	134	—	25
	A 260 °C	134	40	70
	A 316 °C	134	75	93
Residuo de destilación a 360 °C (% en volumen por diferencia)	%	134	50	60
Contenido de agua (en volumen)	%	123	—	0,2
<b>Residuo de destilación</b>				
Penetración (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	120	300
Ductilidad (25 °C; 5 cm/min)	cm	126	100	—
Solubilidad en tolueno	%	130	99,5	—

### 211.3.2. En cisternas

El betún fluidificado para riegos de imprimación se podrá transportar en cisternas ordinarias, sin aislamiento ni sistema de calefacción, incluso en las empleadas normalmente para el transporte de otros líquidos, siempre que antes de la carga estén completamente limpias. Las cisternas dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

El betún fluidificado para riegos de imprimación transportado en cisternas se almacenará en uno o varios tanques, adecuadamente aislados entre sí, que deberán estar provistos de bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión, y que contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios, situados en puntos de fácil acceso. Asimismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, las cisternas empleadas para el transporte de betún fluidificado para riegos de imprimación estarán dotadas de medios neumáticos o mecánicos para el trasiego rápido de su contenido a los mismos. Cuando se empleen bombas de trasiego serán preferibles las de tipo rotativo a las centrífugas.

Todas las tuberías y bombas utilizadas para el trasvase de trasiego del betún fluidificado para riegos de imprimación, desde la cisterna de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al

equipo de empleo, deberán estar aisladas térmicamente y dispuestas de modo que se puedan limpiar fácil y perfectamente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

El trasiego desde las cisternas de transporte a los tanques de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

### 212.4. Recepción e identificación

Cada remesa (cisterna o bidones) de betún fluidificado para riegos de imprimación que lleve a obra irá acompañada de un albarán, una hoja de características con los resultados de los análisis y ensayos correspondientes a la producción a la que pertenezca la remesa suministrada, y un certificado de garantía de calidad que exprese el cumplimiento de las especificaciones exigidas al tipo de, betún fluidificado para riegos de imprimación suministrado, de acuerdo con la tabla 212.1.

Si el fabricante tuviera para este producto certificado acreditativo del cumplimiento, de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 212.7 del presente artículo, y lo hiciera constar en el albarán, no precisará acompañar el certificado de garantía de calidad.

El albarán contendrá explícitamente los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.
- Fecha de fabricación y de suministro.
- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Cantidad que se suministra.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de betún fluidificado para riegos de imprimación suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Nombre y dirección del comprador y del destino.
- Referencia del pedido.
- En su caso, certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 212.7 del presente artículo.

La hoja de características contendrá explícitamente, al menos:

- Referencia del albarán de la remesa.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de betún fluidificado para riegos de imprimación suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Valores de punto de inflamación en vaso abierto, según la norma NLT-136, de viscosidad Saybolt Furol, según la norma NLT-133, de destilación, según , la norma NLT-134, y de penetración del residuo de destilación, según la norma NLT-124.

A juicio del Director de las Obras se podrán exigir, además, los siguientes datos:

- La curva de peso específico en función de la temperatura.
- La temperatura máxima de calentamiento.
- Los valores del resto de las características especificadas en la tabla 212.1, que; deberán ser aportados por el suministrador en un plazo no superior a siete (7) días.

## 212.5. Control de calidad

Si con el producto se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documen-

to acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto, según lo indicado en el apartado 212.7 del presente artículo, los criterios descritos a continuación para realizar el control de recepción de las cisternas y bidones, no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

### 211.5.1. Control de recepción

#### 212.5.1.1. Suministro en cisternas

De cada cisterna de betún fluidificado para riegos de imprimación que llegue a la obra se tomarán dos (2) muestras de, al menos, un kilogramo (1 kg), según la NLT-121, en el momento del trasvase del material de la cisterna al tanque de almacenamiento.

Sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Viscosidad Saybolt Furol, según la NLT-133.
- Destilación, según la NLT-134.
- Penetración sobre el residuo de destilación, según la NLT-124.

Y la otra se conservará hasta el final del período de garantía.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director, de las Obras podrán fijar otro criterio para el control de recepción de las cisternas.

#### 212.5.1.2. Suministro en bidones

De cada remesa de bidones de betún fluidificado para riegos de imprimación que; llegue a la obra, se seleccionará uno al azar, del cual se tomarán dos (2) muestras de, al menos un kilogramo (1 kg) según la NLT-121, sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Viscosidad Saybolt Furol, según la NLT-133.
- Destilación, según la NLT-134.
- Penetración sobre el residuo de destilación, según la NLT-124.

Y la otra se conservará hasta el final del período de garantía.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro criterio para el control de recepción de los bidones.

### 211.5.2. *Control en el momento de empleo*

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará, de acuerdo a lo dispuesto en el apartado 212.5.4 del presente artículo, en bloque, a la cantidad de veinticinco toneladas (25 t) o fracción diaria de betún fluidificado para riegos de imprimación. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro tamaño de lote.

De cada lote se tomarán dos (2) muestras de, al menos, un kilogramo (1 kg), según la NLT-121, en el momento de empleo.

Sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Viscosidad Saybolt Furol, según la NLT-133.
- Destilación, según la NLT-134.
- Penetración sobre el residuo de destilación, según la NLT-124.

Y la otra se conservará hasta el final del período de garantía.

### 211.5.3. *Control adicional*

Una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces, durante la ejecución de la obra, por cada composición de betún fluidificado para riegos de imprimación, y cuando lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se realizarán los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la tabla 212.1. En particular, deberá llevarse a cabo la determinación del punto de inflamación, según la norma NLT-136, siempre que sea previsible que la temperatura ambiente pueda alcanzar el valor de dicho punto.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el Director de las Obras lo considere conveniente, se llevarán a cabo los ensayos necesarios para la comprobación de las características que estime necesarias, de entre las especificadas en la tabla 212.1.

Para los betunes fluidificados para riegos de

imprimación que dispongan de una hoja de ensayos suscrita por un laboratorio dependiente del Ministerio de Fomento o un laboratorio acreditado por él, o por otro laboratorio de ensayos u organismo de control o certificación acreditado en un Estado Miembro de la Unión Europea o que sea parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo sobre la base de las prescripciones técnicas correspondientes, se tendrán en cuenta los resultados de los ensayos que se hayan realizado en el correspondiente Estado miembro y no se repetirán innecesariamente los mismos ensayos. Para ello, los laboratorios en cuestión deberán ofrecer unas garantías razonables y satisfactorias en cuanto a su cualificación técnica y profesional y a su independencia (por ejemplo, según la EN 45000). No obstante lo anterior, la presentación de dicha hoja de ensayos no afectará en ningún caso a la realización ineludible de los ensayos de punto de inflamación, de viscosidad, de destilación y de penetración del residuo de destilación.

### 211.5.4. *Criterios de aceptación o rechazo*

El Director de las Obras indicará las medidas a adoptar en el caso de que el betún fluidificado para riegos de imprimación no cumpla alguna de las especificaciones establecidas en la tabla 212.1.

### 212.6. *Medición y abono*

La medición y abono del betún fluidificado para riegos de imprimación se realizará según lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la unidad de obra de la que forme parte.

En acopios, el betún fluidificado para riegos de imprimación se abonará por toneladas (t) realmente acopiadas.

### 212.7. *Especificaciones técnicas y distintivos de calidad*

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en el presente artículo, se podrá acre-

ditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho

distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### **Normas de referencia**

NLT-121. Toma de muestras de los materiales bituminosos.

NLT-123. Agua en los materiales bituminosos.

NLT-124. Penetración de los materiales bituminosos.

NLT-126. Ductilidad de los materiales bituminosos.

NLT-130. Solubilidad de los materiales bituminosos en disolventes orgánicos.

NLT-133. Viscosidad Saybolt de los materiales bituminosos.

NLT-134. Destilación de betunes fluidificados.

NLT-136. Puntos de inflamación y combustión de los materiales bituminosos (aparato Tagliabue, vaso abierto).



## 213. Emulsiones bituminosas (\*)

### 213.1. Definición

Se definen como emulsiones bituminosas las dispersiones de pequeñas partículas de un ligante hidrocarbonado en una solución de agua y un agente emulsionante de carácter aniónico o catiónico, lo que determina la denominación de la emulsión.

### 213.2. Condiciones generales

Las emulsiones bituminosas se fabricarán a base de betún asfáltico —de los definidos en el artículo 211 del presente Pliego— agua, emulsionantes y, en su caso, fluidificantes.

Las emulsiones bituminosas deberán presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del betún en la fase acuosa.

A efectos de aplicación de este artículo, la denominación del tipo de emulsión bituminosa se compondrá de las letras EA o EC, representativas del tipo de emulsionante utilizado en su fabricación (aniónico o catiónico), seguidas de la letra R, M, L o I, según su tipo de rotura (rápida, media o lenta) o que se trate de una emulsión especial para riegos de imprimación, y, en algunos casos, de un guión (-) y el número 1, 2 ó 3, indicador de su contenido de betún residual, y, en su caso, de la letra d o b, para emulsiones bituminosas con una menor o mayor penetración en el residuo por destilación, especificándose para su aplicación en carreteras los tipos indicados en las tablas 213.1 y 213.2.

De acuerdo con su denominación, las características de las emulsiones bituminosas deberán

cumplir las especificaciones de la tabla 213.1 ó 213.2.

Las emulsiones bituminosas tipo EAL-2 y ECL-2 que no cumplan la especificación de mezcla con cemento podrán ser aceptadas por el Director de las Obras, previa comprobación de su idoneidad para el uso a que se destinen. Los valores límite para la adhesividad y envuelta, así como los métodos de determinarlos serán los que se especifiquen en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la unidad de obra de la que forme parte.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995) por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

### 213.3. Transporte y almacenamiento

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas a tomar para el cumplimiento de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad laboral, almacenamiento y transporte.

El Director de las Obras podrá comprobar, con la frecuencia que crea necesaria, los sistemas de transporte y trasiego y las condiciones del almacenamiento en todo cuanto pudiera afectar a la calidad del material; y de no ser de su conformidad, suspenderá la utilización del contenido del bidón, tanque o cisterna correspondiente has-

(\*) Artículo modificado por la OM de 27/12/1999.



**Tabla 213.1**  
**Especificaciones de las emulsiones bituminosas aniónicas**

Característica	Unidad	Norma NLT	EAR-1		EAR-2		EAM		EAL-1		EAL-2		EAI <sup>(1)</sup>	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
<b>Emulsión original</b>														
Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C	s	138	—	50	50	—	40	—	—	100	—	50	—	50
Cargas de las partículas	194	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa
Contenido de agua (en volumen)	%	137	—	40	—	35	—	40	—	45	—	40	—	50
Betún asfáltico residual	%	139	60	—	65	—	57	—	55	—	60	—	40	—
Fluidificante por destilación (en volumen)	%	139	—	0	—	0	—	10	—	8	—	1	5	15
Sedimentación (a 7 días)	%	140	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5	—	10
Tamizado	%	142	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,10
Estabilidad: ensayo de demulsibilidad (35 cm <sup>3</sup> Cl <sub>2</sub> CA 0,02N)	%	141	60	—	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Estabilidad: ensayo de mezcla con cemento	%	144	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>Residuo por destilación (NLT-139)</b>														
Penetración (25 °C; 100 g; 5 s)			130	200	130	200	130	250	130	200	130	200	200	300
	0,1 mm	124	60*	100*	60*	100*	—	—	60*	100*	60*	100*	220**	330**
Ductilidad (25 °C; 5 cm/min)	cm	126	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—
Solubilidad en tolueno	%	130	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—

\* Estas emulsiones con residuos por destilación más duros se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra **d**.

\*\* Estas emulsiones para su empleo en reciclado de materiales bituminosos y/o granulares se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra **b**.

<sup>(1)</sup> Emulsión bituminosa específica para riegos de imprimación.

**Tabla 213.2**  
**Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas**

Característica	Unidad	Norma NLT	ECR-1		ECR-2		ECR-3		ECM		ECL-1		ECL-2		ECI <sup>(1)</sup>	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
<b>Emulsión original</b>																
<i>Viscosidad Saybolt</i>																
Furol a 25 °C	s	138	—	50	—	—	—	—	—	—	—	100	—	50	—	50
Furol a 50 °C	s	138	—	—	20	—	40	—	20	—	—	—	—	—	—	—
Cargas de las partículas	194	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva
Contenido de agua (en volumen)	%	137	—	43	—	37	—	32	—	35	—	45	—	40	—	50
Betún asfáltico residual	%	139	57	—	63	—	67	—	59	—	55	—	60	—	40	—
Fluidificante por destilación (en volumen)	%	139	—	5	—	5	—	2	—	12	—	8	—	1	5	15
Sedimentación (a 7 días)	%	140	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5	—	10	—	10
Tamizado	%	142	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,10
Estabilidad: ensayo de mezcla con cemento	%	144	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—
<b>Residuo por destilación (NLT-139)</b>																
Penetración (25 °C; 100 g; 5 s)			130	200	130	200	130	200	130	250	130	200	130	200	200	300
	0,1 mm	124	60*	100*	60*	100*	60*	100*	—	—	60*	100*	60*	100*	220**	330**
Ductilidad (25 °C; 5 cm/min)	cm	126	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—
Solubilidad en tolueno	%	130	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—

\* Estas emulsiones con residuos por destilación más duros se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra **d**.

\*\* Estas emulsiones para su empleo en reciclado de materiales bituminosos y/o granulares se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra **b**.

<sup>(1)</sup> Emulsión bituminosa específica para riegos de imprimación.

ta la comprobación de las características que estime conveniente, de entre las indicadas en las tablas 213.1 y 213.2.

### 213.3.1. En bidones

Los bidones empleados para el transporte de emulsión bituminosa estarán constituidos por una virola de una sola pieza; no presentarán desperfectos ni fugas y su sistema de cierre será hermético.

Se evitará la utilización, para emulsiones bituminosas aniónicas, de bidones que hubiesen contenido emulsiones bituminosas catiónicas y viceversa, para lo cual los bidones deberán ir debidamente marcados por el fabricante.

Los bidones con emulsión bituminosa se almacenarán en instalaciones donde queden adecuadamente protegidos de la humedad, calor excesivo, de la acción de las heladas, y de la zona de influencia de motores, máquinas, fuegos o llamas.

### 213.3.2. En cisternas

Las emulsiones bituminosas se podrán transportar en cisternas ordinarias, sin aislamiento ni sistema de calefacción, incluso en las empleadas normalmente para el transporte de otros líquidos, siempre que antes de su carga estén completamente limpias. Las cisternas dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

La emulsión bituminosa transportada en cisternas se almacenará en uno o varios tanques, adecuadamente aislados entre sí, que deberán estar provistos de bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión, y que contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios, situados en puntos de fácil acceso. Asimismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, las cisternas empleadas para el transporte de emulsión bituminosa estarán dotadas de medios neumáticos o mecánicos para el trasiego rápido de su contenido a los mismos. Cuando se empleen bombas de trasiego serán preferibles las de tipo rotativo a las centrífugas.

Todas las tuberías y bombas utilizadas para el trasvase de la emulsión bituminosa, desde la cis-

terna de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de modo que se puedan limpiar fácil y perfectamente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

El trasiego desde las cisternas de transporte a los tanques de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

## 213.4. Recepción e identificación

Cada remesa (bidones o cisternas) de emulsión bituminosa que llegue a obra irá acompañada de un albarán, una hoja de características con los resultados de los análisis y ensayos correspondientes a la producción a la que pertenezca la remesa suministrada, y un certificado de garantía de calidad que exprese el cumplimiento de las especificaciones exigidas al tipo de emulsión bituminosa suministrado, de acuerdo con las tablas 213.1 ó 213.2.

Si el fabricante tuviera para este producto certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 213.7 del presente artículo, y lo hiciera constar en el albarán, no precisará acompañar el certificado de garantía de calidad.

El albarán contendrá explícitamente los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.
- Fecha de fabricación y de suministro.
- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Cantidad que se suministra.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de emulsión bituminosa suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Nombre y dirección del comprador y del destino.
- Referencia del pedido.
- En su caso, certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 213.7 del presente artículo.

La hoja de características contendrá explícitamente, al menos:

- Referencia del albarán de la ramesa.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de emulsión bituminosa suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Resultados de los ensayos de carga de las partículas, según la NLT-194, viscosidad Saybolt Furol, según la NLT-138, contenido de agua, según la NLT-137, y tamizado, según la NLT-142.

A juicio del Director de las Obras se podrán exigir los valores del resto de las características especificadas en las tablas 213.1 ó 213.2, que deberán ser aportados por el suministrador en un plazo no superior a diez (10) días.

## 213.5. Control de calidad

Si con el producto se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto, según lo indicado en el apartado 213.7 del presente artículo, los criterios descritos a continuación para realizar el control de recepción de las cisternas y bidones, no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

### 213.5.1. Control de recepción

#### 213.5.1.1. Suministro en bidones

De cada remesa de bidones que llegue a la obra, se seleccionará uno al azar, del cual se tomarán dos (2) muestras de, al menos, dos kilogramos (2 kg), según la NLT-121. Sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Carga de partículas, según la NLT-194.
- Viscosidad Saybolt Furol, según la NLT-138.
- Contenido de agua, según la NLT-137.
- Tamizado, según la NLT-142.

Y la otra se conservará durante, al menos, quince (15) días para realizar ensayos de contraste si fueran necesarios.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro criterio para el control de recepción de los bidones.

#### 213.5.1.2. Suministro en cisternas

De cada cisterna de emulsión bituminosa que llegue a la obra se tomarán dos (2) muestras de, al menos, dos kilogramos (2 kg), según la NLT-121, en el momento del trasvase del material de la cisterna al tanque de almacenamiento.

Sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Carga de partículas, según la NLT-194.
- Viscosidad Saybolt Furol, según la NLT-138.
- Contenido de agua, según la NLT-137.
- Tamizado, según la NLT-142.

Y la otra se conservará durante, al menos, quince (15) días para realizar ensayos de contraste si fueran necesarios.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro criterio para el control de recepción de las cisternas.

#### 213.5.2. Control en el momento de empleo

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 213.5.4 del presente artículo, en bloque, a la cantidad de treinta toneladas (30 t) o fracción diaria de emulsión bituminosa, excepto en el caso de emulsiones empleadas en riegos de adherencia, imprimación y curado, en cuyo caso se considerará como lote la fracción semanal. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro tamaño de lote.

De cada lote se tomarán dos (2) muestras de, al menos, dos kilogramos (2 kg), según la NLT-121, a la salida del tanque de almacenamiento.

Sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Carga de partículas, según la NLT-194.
- Viscosidad Saybolt Furol, según la NLT-138.
- Contenido de agua, según la NLT-137.
- Tamizado, según la NLT-142.

Y la otra se conservará durante, al menos, quince (15) días para realizar ensayos de contraste si fueran necesarios.

### 213.5.3. Control adicional

Una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces, durante la ejecución de la obra, por cada tipo y composición de emulsión bituminosa, y cuando lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se realizarán los ensayos necesarios para la comprobación de las características reseñadas en las tablas 213.1 y 213.2.

Si la emulsión bituminosa hubiese estado almacenada, en condiciones atmosféricas normales, durante un plazo superior a quince (15) días, antes de su empleo, se realizarán, como mínimo, sobre dos (2) muestras, una de la parte superior y otra de la inferior del depósito de almacenamiento, el ensayo de, tamizado, según la norma NLT-142 y el ensayo de contenido de betún asfáltico, residual según la norma NLT-139. Si no cumpliera lo establecido para esta característica, se procederá a su homogeneización y realización de nuevos ensayos, o a su retirada.

En condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el Director de las Obras podrá disminuir el plazo de quince (15) días, anteriormente indicado, para la comprobación de las condiciones de almacenamiento de la emulsión bituminosa.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el Director de las Obras lo considere conveniente, se llevarán a cabo los ensayos necesarios para la comprobación de las características que estime necesarias, de entre las especificadas en las tablas 213.1 y 213.2.

Para las emulsiones bituminosas que dispongan de una hoja de ensayos suscrita por un laboratorio dependiente del Ministerio de Fomento o un laboratorio acreditado por él, o por otro laboratorio de ensayos u organismo de control o certificación acreditado en un Estado Miembro de la Unión Europea o que sea parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo sobre la base de las prescripciones técnicas correspondientes, se tendrán en cuenta los resultados de los ensayos que se hayan realizado en el corres-

pondiente Estado miembro y no se repetirán innecesariamente los mismos ensayos. Para ello, los laboratorios en cuestión deberán ofrecer unas garantías razonables y satisfactorias en cuanto a su cualificación técnica y profesional y a su independencia (por ejemplo, según la EN 45000). No obstante lo anterior, la presentación de dicha hoja de ensayos no afectará en ningún caso a la realización ineludible de los ensayos de carga de las partículas, viscosidad Saybolt Furol, contenido de agua y tamizado.

### 213.5.4. Criterios de aceptación o rechazo

El Director de las Obras indicará las medidas a adoptar en el caso de que la emulsión bituminosa no cumpla alguna de las especificaciones establecidas en las tablas 213.1 ó 213.2.

### 213.6. Medición y abono

La medición y abono de la emulsión bituminosa se realizará según lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la unidad de obra de la que forme parte.

En acopios, la emulsión bituminosa se abonará por toneladas (t) realmente acopiadas.

### 213.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en el presente artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas; exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los

materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### **Normas de referencia**

NLT-121. Toma de muestras de los materiales bituminosos.

NLT-124. Penetración de los materiales bituminosos.

NLT-126. Ductilidad de los materiales bituminosos.

NLT-130. Solubilidad de los materiales bituminosos en disolventes orgánicos.

NLT-137. Agua en las emulsiones bituminosas.

NLT-138. Viscosidad Saybolt de las emulsiones bituminosas.

NLT-139. Residuo por destilación de las emulsiones bituminosas.

NLT-140. Sedimentación de las emulsiones bituminosas.

NLT-141. Estabilidad de las emulsiones bituminosas aniónicas (método de demulsibilidad con cloruro cálcico).

NLT-142. Tamizado de las emulsiones bituminosas.

NLT-144. Estabilidad de las emulsiones bituminosas (método de la mezcla con cemento).

NLT-194. Carga de las partículas de las emulsiones bituminosas.

# 214. *Betunes fluxados* (\*)

## 214.1. Definición

Se definen como betunes fluxados los productos resultantes de la incorporación a un betún asfáltico —de los definidos en el artículo 211 del presente Pliego— de fracciones líquidas, más o menos volátiles, procedentes de la destilación del alquitrán.

## 214.2. Condiciones generales

Los betunes fluxados deberán presentar un aspecto homogéneo y estar prácticamente exentos de agua, de modo que no formen espuma cuan-

do se calienten a la temperatura de empleo, y no presentar signos de coagulación antes de su utilización.

A efectos de aplicación de este artículo, la denominación del tipo de betún fluxado se compondrá mediante las letras FX seguidas por un número, indicativo del valor de su viscosidad STV medido según la norma NLT-187, especificándose para su aplicación en carreteras los tipos indicados en la tabla 214.1.

De acuerdo con su denominación, las características de los betunes fluxados deberán cumplir las especificaciones de la tabla 214.1.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995) por el que se dictan disposiciones para

**Tabla 214.1**  
**Especificaciones de betunes fluxados**

Característica	Unidad	Norma NLT	FX175		FM350		
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
<b>Betún fluxado original</b>							
Punto de inflamación	°C	136	60	—	60	—	
Viscosidad STV (orificio 10 mm, 40 °C)	s	187	150	200	300	400	
<i>Destilación (%sobre volumen total destilado destilado hasta 360 °C)</i>	A 190 °C	%	134	—	10	—	10
	A 225 °C	%	134	—	25	—	25
	A 316 °C	%	134	—	75	—	75
Residuo de destilación a 360 °C (% en volumen por diferencia)	%	134	90	—	92	—	
Fenoles (en volumen)	%	190	—	1,5	—	1,5	
Naftalina (en volumen)	%	191	—	2,0	—	2,0	
<b>Residuo de destilación</b>							
Penetración (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	100	150	100	150	

(\*) Artículo modificado por la OM de 27/12/1999.

la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y, en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

### 214.3. Transporte y almacenamiento

El betún fluxado será transportado en cisternas calorífugas y provistas de termómetros situados en puntos bien visibles. Las cisternas deberán estar preparadas para poder calentar el betún fluxado cuando, por cualquier anomalía, la temperatura de éste baje excesivamente para impedir su trasiego. Las cisternas dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

El betún fluxado se almacenará en uno o varios tanques, adecuadamente aislados entre sí, que deberán estar provistos de bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y que contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios, situados en puntos de fácil acceso.

Los tanques deberán ser calorífugos y estar provistos de termómetros situados; en puntos bien visibles y dotados de su propio sistema de calefacción, capaz de evitar que, por cualquier anomalía, la temperatura del producto se desvíe de la fijada para el almacenamiento en más de diez grados Celsius (10 °C). Asimismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, las cisternas empleadas para el transporte de betún fluxado estarán dotadas de medios neumáticos o mecánicos para el trasiego rápido de su contenido a los mismos. Cuando se empleen bombas de trasiego serán preferibles las de tipo rotativo a las centrífugas.

Todas las tuberías y bombas utilizadas para el trasvase trasiego del betún fluxado, desde la cisterna de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar calefactadas, aisladas térmicamente y dispuestas de modo que se puedan limpiar fácil y perfectamente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

El trasiego desde las cisternas de transporte a los tanques de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas a tomar para el cumplimiento de la legislación vigente en mate-

ria medioambiental, de seguridad laboral, almacenamiento y transporte.

El Director de las Obras comprobará, con la frecuencia que crea necesaria, los sistemas de transporte y trasiego y las condiciones de almacenamiento en todo cuanto pudiera afectar a la calidad del material; y de no ser de su conformidad, suspenderá la utilización del contenido del tanque o cisterna correspondiente, hasta la comprobación de las características que estime conveniente, de entre las indicadas en la tabla 214.1.

### 214.4. Recepción e identificación

Cada cisterna de betún fluxado que llegue a obra irá acompañada de un albarán, una hoja de características con los resultados de los análisis y ensayos correspondientes a la producción a la que pertenezca la cisterna suministrada y, un certificado de garantía de calidad que exprese el cumplimiento de las especificaciones exigidas al tipo de betún fluxado suministrado, de acuerdo con la tabla 214.1.

Si el fabricante tuviera para este producto certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 214.7 del presente artículo, y lo hiciera constar en el albarán, no precisará acompañar el certificado de garantía de calidad.

El albarán contendrá explícitamente los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.
- Fecha de fabricación y de suministro.
- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Cantidad que se suministra.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de betún fluxado suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Nombre y dirección del comprador y del destino.
- Referencia del pedido.
- En su caso, certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la mar-



ca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 214.7 del presente artículo.

La hoja de características contendrá explícitamente, al menos:

- Referencia del albarán de la cisterna.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de betún fluxado suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Valores de punto de inflamación en vaso abierto, según la NLT-136, de viscosidad STV, según la NLT-187, de destilación, según la NLT-134, y de penetración del residuo de destilación, según la NLT-124.

A juicio del Director de las Obras se podrán exigir, además, los siguientes datos:

- La curva de peso específico en función de la temperatura.
- La temperatura máxima de calentamiento.
- Los valores del resto de las características especificadas en la tabla 214.1, que deberán ser aportados por el suministrador en un plazo no superior a siete (7) días.

## 214.5. Control de calidad

Si con el producto se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto, según lo indicado en el apartado 214.7 del presente artículo, los criterios descritos a continuación para realizar el control de recepción de las cisternas, no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

### 214.5.1. Control de recepción de las cisternas

De cada cisterna de betún fluxado que llegue a la obra se tomarán dos (2) muestras de, al menos, un kilogramo (1 kg), según la NLT-121, en el momento del trasvase del material de la cisterna al tanque de almacenamiento.

Sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Viscosidad STV, según la NLT-187.
- Destilación, según la NLT-134.
- Penetración del residuo de destilación, según la NLT-124.

Y la otra se conservará hasta el final del período de garantía.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro criterio para el control de recepción de las cisternas.

### 214.5.2. Control en el momento de empleo

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará, de acuerdo a lo dispuesto en el apartado 214.5.4 del presente artículo, en bloque, a la cantidad de veinticinco toneladas (25 t) o fracción diaria de betún fluxado. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro tamaño de lote.

De cada lote se tomarán dos (2) muestras de, al menos, un kilogramo (1 kg), según la NLT-121, en algún punto entre la salida del tanque de almacenamiento y la entrada del mezclador.

Sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Viscosidad STV, según la NLT-187.
- Destilación, según la NLT-134.
- Penetración del residuo de destilación, según la NLT-124.

Y la otra se conservará hasta el final del período de garantía.

### 214.5.3. Control adicional

Una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces, durante la ejecución de obra, por cada tipo y composición de betún fluxado, y cuando lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se realizarán los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la tabla 214.1. En particular, se llevará a cabo la determinación del punto de infla-



mación, según la NLT-136, siempre que sea previsible que la temperatura ambiente pueda alcanzar el valor de dicho punto.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el Director de las Obras lo considere conveniente, se llevarán a cabo los ensayos necesarios para la comprobación de las características que estime necesarias, de entre las especificadas en la11 tabla 214.1.

Para los betunes fluxados que dispongan de una hoja de ensayos suscrita por un laboratorio dependiente del Ministerio de Fomento o un laboratorio acreditado por él, o por otro laboratorio de ensayos u organismo de control o certificación acreditado en un Estado Miembro de la Unión Europea o que sea parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo sobre la base de las prescripciones técnicas correspondientes, se tendrán en cuenta los resultados de los ensayos que se hayan realizado en el correspondiente Estado miembro y no se repetirán innecesariamente los mismos ensayos. Para ello, los laboratorios en cuestión deberán ofrecer unas garantías razonables y satisfactorias en cuanto a su cualificación técnica y profesional y a su independencia (por ejemplo, según la EN 45000). No obstante lo anterior, la presentación de dicha hoja de ensayos no afectará en ningún caso a la realización ineludible de los ensayos de viscosidad, destilación y penetración del residuo de destilación.

#### 214.5.4. *Criterios de aceptación o rechazo*

El Director de las Obras indicará las medidas a adoptar en el caso de que el betún fluxado no cumpla alguna de las especificaciones establecidas en la tabla 214.1.

#### 214.6. *Medición y abono*

La medición y abono del betún fluxado se realizará según lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la unidad de obra de la que forme parte.

En acopios, el betún fluxado se abonará por toneladas (t) realmente acopiadas.

#### 214.7. *Especificaciones técnicas y distintivos de calidad*

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en el presente artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

#### Normas de referencia

NLT-121. Toma de muestras de los materiales bituminosos.

NLT-124. Penetración de los materiales bituminosos.

NLT-134. Destilación de betunes fluidificados.

NLT-136. Puntos de inflamación y combustión de los materiales bituminosos (aparato Tagliabue, vaso abierto).

NLT-187. Viscosidad de alquitranes.

NLT-190. Fenoles en alquitranes.

NLT-191. Naftalina en alquitranes.

# 215. *Betunes asfálticos modificados con polímeros* (\*)

## 215.1. Definición

Se definen como betunes asfálticos modificados con polímeros los ligantes hidrocarbonados resultantes de la interacción física y/o química de polímeros con un betún asfáltico —de los definidos en el artículo 211 del presente Pliego.

Se consideran comprendidos, dentro de este artículo, los betunes modificados suministrados a granel y los que se fabriquen en el lugar de empleo, en instalaciones específicas independientes. Quedan excluidos, los obtenidos a partir de adiciones incorporadas a los áridos o en el mezclador de la planta de fabricación de la unidad de obra de la que formen parte.

## 215.2. Condiciones generales

Los betunes asfálticos modificados con polímeros deberán presentar un aspecto homogéneo y estar prácticamente exentos de agua, de modo que no formen espuma cuando se calienten a la temperatura de empleo.

A efectos de aplicación de este artículo, la denominación del tipo de betún asfáltico modificado con polímeros se compondrá de las letras BM, seguidas de un número y, en su caso, otra letra minúscula, separados por un guión (-) que indiquen el tipo a que pertenecen, especificándose para su aplicación en carreteras los tipos indicados en la tabla 215.1.

De acuerdo con su denominación, las características de los betunes asfálticos modificados con polímeros deberán cumplir las especificaciones de la tabla 215.1.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995) por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

La viscosidad del betún asfáltico modificado con polímeros deberá ser compatible con la temperatura de fabricación de la unidad de obra correspondiente, inferior a ciento noventa grados Celsius (190 °C) para los betunes BM-1, e inferior a ciento ochenta grados Celsius (180 °C) para el resto de los betunes especificados en el presente artículo.

## 215.3. Transporte y almacenamiento

Cuando no se fabrique en el lugar de empleo, el betún asfáltico modificado con polímeros será transportado en cisternas calorífugas y provistas de termómetros situados en puntos bien visibles. Las cisternas deberán estar preparadas para poder calentar el betún asfáltico cuando, por cualquier anomalía, la temperatura de éste baje excesivamente para impedir su trasiego. Asimismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

El betún asfáltico modificado con polímeros se almacenará en uno o varios tanques, adecuadamente aislados entre sí, que deberán estar provistos de bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión, y que contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios, situados en puntos de fácil acceso.

(\*) Artículo incorporado por la OC 322/97 y modificado e incorporado definitivamente por la OM de 27/12/1999.

**Tabla 215.1**  
**Especificaciones de betunes asfálticos modificados con polímeros**

Característica	Unidad	Norma NLT	BM-1		BM-2		BM-3a		BM-3b		BM-3c		BM-4		BM-5	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
<b>Betún original</b>																
Penetración (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	15	30	35	50	55	70	55	70	55	70	80	130	150	200
Punto de reblandecimiento anillo y bola	°C	125	70	—	65	—	58	—	60	—	65	—	60	—	55	—
Punto de fragilidad fraass	°C	182	—	-4	—	-8	—	-10	—	-12	—	-15	—	-15	—	-20
Ductilidad (5 cm/min):	A 5 °C	cm	126	—	—	2	—	4	—	25	—	30	—	40	—	50
	A 25 °C	cm	126	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Consistencia (flotador a 60 °C)	s	183	3.000	—	2.000	—	700	—	1.200	—	2.000	—	1.200	—	1.200	—
<i>Estabilidad al almacenamiento*</i>																
Diferencia punto reblandecimiento	°C	328	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5
Diferencia penetración (25 °C)	0,1 mm		—	5	—	8	—	10	—	10	—	10	—	12	—	20
Recuperación elástica	25 °C	%	329	—	—	10	—	15	—	40	—	70	—	60	—	60
	40 °C	%	329	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Contenido en agua (en volumen)	%	123	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2
Punto de inflamación	°C	127	235	—	235	—	235	—	235	—	235	—	220	—	200	—
con cemento		122	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—
<b>Residuo después de película fina</b>																
Variación de masa	%	185	—	0,8	—	0,8	—	1,0	—	1,0	—	1,0	—	1,4	—	1,5
Penetración (25 °C; 100 g; 5 s)	% p.o.	124	70	—	70	—	65	—	65	—	65	—	60	—	55	—
Variación punto de reblandecimiento anillo y bola	°C	125	-4	8	-4	8	-5	10	-5	10	-5	10	-6	10	-6	10
Ductilidad (5 cm/min):	A 5 °C	cm	126	—	—	1	—	2	—	12	—	15	—	20	—	25
	A 25 °C	cm	126	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\* No se exigirá esta prescripción cuando los elementos de transporte y almacenamiento estén provistos de un sistema de homogeneización adecuado, aprobado por el Director de las Obras.

Los tanques deberán ser calorífugos y estar provistos de termómetros situados en puntos bien visibles y dotados de su propio sistema de calefacción, capaz de evitar que, por cualquier anomalía, la temperatura del producto se desvíe de la fijada para el almacenamiento en más de diez grados Celsius (10 °C). Asimismo, dispondrán de una válvula para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios las cisternas empleadas para el transporte de betún asfáltico modificado con polímeros estarán dotadas de medios mecánicos para el trasiego rápido de su contenido a los mismos. Cuando se empleen bombas de trasiego serán preferibles las de tipo rotativo a las centrífugas.

Todas las tuberías y bombas utilizadas para el trasvase trasiego del betún asfáltico modificado con polímeros, desde la cisterna de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar calefactadas, aisladas térmicamente y dispuestas de modo que se pue-

dan limpiar fácil y perfectamente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

El trasiego desde las cisternas de transporte a los tanques de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

El tiempo máximo de almacenamiento y la necesidad o no de disponer de sistemas de homogeneización en el transporte y en los tanques de almacenamiento, se determinarán de acuerdo con las características del ligante modificado. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares determinará el tiempo máximo de almacenamiento y la necesidad o no de disponer de sistema de homogeneización en el transporte y en los tanques de almacenamiento.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas a tomar para el cumplimiento de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad laboral, almacenamiento y transporte.

El Director de las Obras comprobará, con la frecuencia que crea necesaria, los sistemas de

transporte y trasiego y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar a la calidad del material; y de no ser de su conformidad, suspenderá la utilización del contenido del tanque o cisterna correspondiente, hasta la comprobación de las características que estime conveniente, de entre las indicadas en la tabla 215.1.

## 215.4. Recepción e identificación

Cada cisterna de betún asfáltico modificado con polímeros que llegue a obra irá acompañada de un albarán, una hoja de características con los resultados de los análisis y ensayos correspondientes a la producción a la que pertenezca la cisterna suministrada y un certificado de garantía de calidad que exprese el cumplimiento de las especificaciones exigidas al tipo de betún asfáltico modificado con polímeros suministrado, de acuerdo con la tabla 215.1.

Si el fabricante tuviera para este producto certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 215.7 del presente artículo, y lo hiciera constar en el albarán, no precisará acompañar el certificado de garantía de calidad.

El albarán contendrá explícitamente los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.
- Fecha de fabricación y de suministro.
- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Cantidad que se suministra.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de betún asfáltico modificado con polímeros suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Nombre y dirección del comprador y del destino.
- Referencia del pedido.
- En su caso, certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 215.7 del presente artículo.

La hoja de características contendrá explícitamente, al menos:

- Referencia del albarán de la cisterna.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de betún asfáltico modificado con polímeros suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Valores de penetración a veinticinco grados Celsius (25 °C), según la NLT-124, punto de reblandecimiento (anillo y bola), según la NLT-125, y recuperación elástica, según la NLT-329.

A juicio del Director de las Obras se podrán exigir, además, los siguientes datos:

- La curva de peso específico en función de la temperatura.
- La temperatura recomendada para el mezclado.
- La temperatura máxima de calentamiento.
- Los valores del resto de las características especificadas en la tabla 215.1, que deberán ser aportados por el suministrador en un plazo no superior a siete (7) días.

## 215.5. Control de calidad

Si con el producto se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto, según lo indicado en el apartado 215.7 del presente artículo, los criterios descritos a continuación para realizar el control de recepción de las cisternas o del betún modificado con polímeros fabricado en obra, no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

### 215.5.1. Control de recepción

#### 215.5.1.1. Suministro en cisternas

De cada cisterna de betún asfáltico modificado con polímeros que llegue a la obra se tomarán dos (2) muestras de, al menos, un kilogramo (1 kg), según la NLT-121, en el momento del tras-

vase del material de la cisterna al tanque de almacenamiento.

Sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Determinación de la penetración, según la NLT-124.
- Punto de reblandecimiento, según la NLT-125.
- Recuperación elástica, según la NLT-329.

Y la otra se conservará hasta el final del período de garantía.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro criterio para el control de recepción de las cisternas.

### 215.5.1.2. Fabricación en obra

En el caso de betunes asfálticos modificados con polímeros fabricados en el lugar de empleo, se tomarán dos (2) muestras cada cincuenta toneladas (50 t) de producto fabricado y al menos dos (2) cada jornada de trabajo de las tuberías de salida de la instalación de fabricación del ligante modificado, conservando una (1) muestra hasta el final del período de garantía, y realizando sobre la otra los siguientes ensayos:

- Determinación de la penetración, según la NLT-124
- Punto de reblandecimiento, según la NLT-125.
- Recuperación elástica, según la NLT-329.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro criterio para el control de fabricación en obra.

### 215.5.2. Control a la entrada del mezclador

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 215.5.4 del presente artículo, en bloque, a la cantidad de cien toneladas (100 t) o fracción diaria de betún asfáltico modificado con polímeros. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro tamaño de lote.

De cada lote se tomarán dos (2) muestras de, al menos, un kilogramo (1 kg), según la NLT-121, en algún punto situado entre la salida del tanque de almacenamiento y la entrada del mezclador.

Sobre una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Determinación de la penetración, según la NLT-124.
- Punto de reblandecimiento, según la NLT-125.
- Recuperación elástica, según la NLT-329.

Y la otra se conservará hasta el final del período de garantía.

### 215.5.3. Control adicional

Una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces, durante la ejecución de la obra, por cada tipo y composición de betún asfáltico modificado con polímeros, y cuando lo especifique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se realizarán los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la tabla 215.1.

Si el betún asfáltico modificado con polímeros hubiese estado almacenado en condiciones atmosféricas normales, durante un plazo superior a quince (15) días, antes de su empleo, se realizarán, como mínimo, sobre dos (2) muestras, una de la parte superior y otra de la inferior del depósito de almacenamiento, los ensayos de penetración, según la NLT-124, y punto de reblandecimiento, según la NLT-125 que, comparados con los resultados de los ensayos a la llegada a obra, deberán cumplir las especificaciones de estabilidad de la tabla 215.1. Si no cumpliera lo establecido para estas características, se procederá a su homogeneización y realización de nuevos ensayos, o a su retirada. En condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el Director de las Obras podrá disminuir el plazo de quince (15) días, anteriormente indicado, para la comprobación de las condiciones de almacenamiento del betún asfáltico modificado con polímeros.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el Director de las Obras lo considere conveniente, se llevarán a cabo los ensayos necesarios para la comprobación de las características que estime necesarias, de las especificadas en la tabla 215.1.

Para los betunes asfálticos modificados con polímeros que dispongan de una hoja de ensayos suscrita por un laboratorio dependiente del Ministerio de Fomento o un laboratorio acreditado por él, o por otro laboratorio de ensayos u organismo de control o certificación acreditado en un Estado Miembro de la Unión Europea o que sea parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo sobre la base de las prescripciones técnicas correspondientes, se tendrán en cuenta los resultados de los ensayos que se hayan realizado en el correspondiente Estado miembro y no se repetirán innecesariamente los mismos ensayos. Para ello, los laboratorios en cuestión deberán ofrecer unas garantías razonables y satisfactorias en cuanto a su cualificación técnica y profesional y a su independencia (por ejemplo, según la EN 45000). No obstante lo anterior, la presentación de dicha hoja de ensayos no afectará en ningún caso a la realización ineludible de los ensayos de penetración, punto de reblandecimiento y recuperación elástica.

#### 215.5.4. *Criterios de aceptación o rechazo*

El Director de las Obras indicará las medidas a adoptar en el caso de que el betún asfáltico modificado con polímeros no cumpla alguna de las especificaciones establecidas en la tabla 215.1.

#### 215.6. *Medición y abono*

La medición y abono del betún asfáltico modificado con polímeros se realizará según lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la unidad de obra de la que forme parte.

En acopios, el betún asfáltico modificado con polímeros se abonará por toneladas (t) realmente acopiadas.

#### 215.7. *Especificaciones técnicas y distintivos de calidad*

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en el presente artículo, se podrá acre-

ditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

#### Normas de referencia

NLT-121. Toma de muestras de los materiales bituminosos.

NLT-122. Densidad y densidad relativa de los materiales bituminosos.

NLT-123. Agua en los materiales bituminosos.

NLT-124. Penetración de los materiales bituminosos.

NLT-125. Punto de reblandecimiento anillo y bola de los materiales bituminosos.

NLT-126. Ductilidad de los materiales bituminosos.

NLT-127. Puntos de inflamación y combustión de los materiales bituminosos (aparato Cleveland, vaso abierto).

NLT-130. Solubilidad de los materiales bituminosos en disolventes orgánicos.

NLT-182. Punto de fragilidad Fraass de los materiales bituminosos.

NLT-183. Consistencia de los materiales bituminosos mediante el flotador.

NLT-185. Efecto del calor y del aire sobre los materiales bituminosos en película fina.

NLT-328. Estabilidad al almacenamiento de betunes asfálticos modificados.

NLT-329. Recuperación elástica por torsión de betunes asfálticos modificados.



# 216. *Emulsiones bituminosas modificadas con polímeros* (\*)

## 216.1. Definición

Se definen como emulsiones bituminosas modificadas con polímeros las dispersiones de pequeñas partículas de un ligante hidrocarbonado y de un polímero en una solución de agua y un agente emulsionante de carácter aniónico o catiónico, lo que determinará la denominación de la emulsión.

## 216.2. Condiciones generales

Las emulsiones bituminosas modificadas con polímeros se fabricarán a base de betún asfáltico modificado con polímeros de los definidos en el artículo 215 del presente Pliego o de betún asfáltico de los definidos en el artículo 211 del presente Pliego y polímero, agua, emulsionantes y, en su caso, fluidificantes.

Las emulsiones bituminosas modificadas con polímeros deberán presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del betún en la fase acuosa.

A efectos de aplicación de este artículo, la denominación del tipo de emulsión bituminosa modificada con polímeros se compondrá mediante las letras EA ó EC, representativas del tipo de emulsionante utilizado en su fabricación (aniónico o catiónico), seguidas de la letra R, M ó L, según su tipo de rotura (rápida, media o lenta), seguida, eventualmente, de un guión y del número 1, 2 ó 3, (indicador de su contenido de betún residual) y finalmente de un guión y la letra m (que identifica el tipo de emulsión especificada en el presente artículo), especificándose

para su aplicación en carreteras los tipos indicados en la tabla 216.1. En el caso de emulsiones bituminosas modificadas con polímeros con menor penetración en el residuo por evaporación se añadirá la letra «d» a continuación del número 1, 2 ó 3.

De acuerdo con su denominación, las características de las emulsiones bituminosas modificadas con polímeros deberán cumplir las especificaciones de la tabla 216.1.

Las emulsiones bituminosas modificadas con polímeros tipo ECL-2-m que no cumplan la especificación de mezcla con cemento podrán ser aceptadas por el Director de las Obras, previa comprobación de su idoneidad para el uso a que se destinen. Los valores límite para la adhesividad y envuelta y los métodos de determinarlos serán los que se especifiquen en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la unidad de obra de la forme parte.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995) por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

## 216.3. Transporte y almacenamiento

Las emulsiones bituminosas modificadas con polímeros se podrán transportar en cisternas ordinarias, sin aislamiento ni sistema de calefacción, incluso en las empleadas normalmente para

(\*) Artículo incorporado por la OC 322/97 y modificado e incorporado definitivamente por la OM de 27/12/1999.

**Tabla 216.1**  
**Especificaciones de emulsiones bituminosas modificadas con polímeros**

Característica	Unidad	Norma NLT	ECR-1-m		ECR-2-m		ECR-3-m		ECM-m		EAM-m		ECL-2-m		
			Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
<b>Emulsión original</b>															
Viscosidad Saybolt Furol	A 25 °C	s	138	—	50	—	—	—	—	—	—	40	—	—	50
	A 50 °C	s	138	—	—	20	—	40	—	20	—	—	—	—	—
Cargas de las partículas		194	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva							
Contenido de agua (en volumen)	%	137	—	43	—	37	—	32	—	35	—	40	—	40	
Betún asfáltico residual	%	139	57	—	63	—	67	—	59	—	57	—	60	—	
Fluidificante por destilación	%	139	—	5	—	5	—	2	—	12	—	10	—	0	
Sedimentación (a 7 días)	%	140	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5	—	10	
Tamizado	%	142	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,10	
Estabilidad: ensayo de mezcla con cemento	%	144	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	
<b>Residuo por evaporación a 163 °C (NLT-147)</b>															
Penetración (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	120	200	120	200	120	200	100	220	100	220	100	150	
	0,1 mm	124	50*	90*	50*	90*	50*	90*	—	—	—	—	50*	90*	
Punto de reblandecimiento anillo y bola	°C	125	45	—	45	—	45	—	40	—	40	—	45	—	
	°C	125	55*	—	55*	—	55*	—	—	—	—	—	55*	—	
Ductilidad (5 °C; 5 cm/min)	cm	126	10	—	10	—	10	—	10	—	10	—	10	—	
Recuperación elástica (25 °C; torsión)	%	329	12	—	12	—	12	—	12	—	12	—	12	—	

\* Estas emulsiones con residuos por evaporación más duros, se denominarán con el tipo correspondiente, añadiendo la letra **d** a continuación del número 1, 2 ó 3 (Ejemplo: ECR-1d-m).

el transporte de otros líquidos, siempre que antes de su carga estén completamente limpias. Las cisternas dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

La emulsión bituminosa modificada con polímeros se almacenará en uno o varios tanques, adecuadamente aislados entre sí, que deberán estar provistos de bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y que contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios, situados en puntos de fácil acceso. Asimismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, las cisternas empleadas para el transporte de emulsión bituminosa modificada con polímeros estarán dotadas de medios neumáticos o mecánicos para el trasiego rápido de su contenido a los mismos. Cuando se empleen bombas de trasiego serán preferibles las de tipo rotativo a las centrífugas.

Todas las tuberías y bombas utilizadas para el trasvase del betún asfáltico, desde la cisterna de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de modo que se puedan limpiar fácil y

perfectamente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

El trasiego desde las cisternas de transporte a los tanques de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas a tomar para el cumplimiento de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad laboral, almacenamiento y transporte.

El Director de las Obras comprobará, con la frecuencia que crea necesaria, los sistemas de transporte y trasiego y las condiciones de almacenamiento en todo cuanto pueda afectar a la calidad del material; y de no ser de su conformidad, suspenderá la utilización del contenido del tanque o cisterna correspondiente, hasta la comprobación de las características que estime convenientes, de entre las indicadas en la tabla 216.1.

## 216.4. Recepción e identificación

Cada cisterna de emulsión bituminosa modificada con polímeros que llegue a obra irá acom-



pañada de un albarán, una hoja de características con los resultados de los análisis y ensayos correspondientes a la producción a la que pertenece la cisterna suministrada y un certificado de garantía de calidad que exprese el cumplimiento de las especificaciones exigidas al tipo de emulsión bituminosa modificada con polímeros suministrado, de acuerdo con la tabla 216.1.

Si el fabricante tuviera para este producto certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marcha, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 216.7 del presente artículo, y lo hiciera constar en el albarán, no precisará acompañar el certificado de garantía de calidad.

El albarán contendrá explícitamente los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.
- Fecha de fabricación y de suministro.
- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Cantidad que se suministra.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de emulsión bituminosa modificada con polímeros suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Nombre y dirección del comprador y del destino.
- Referencia del pedido.
- En su caso, certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documentos acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad, según lo indicado en el apartado 216.7 del presente artículo.

La hoja de características contendrá explícitamente, al menos:

- Referencia del albarán de la cisterna.
- Denominación de la emulsión modificada con polímeros.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de emulsión bituminosa modificada con polímeros suministrado, de acuerdo con la denominación especificada en el presente artículo.
- Valores de los ensayos sobre el residuo por evaporación, según la NLT-147, de pene-

tración, según la NLT-124, punto de reblandecimiento, según la NLT-125, y recuperación elástica, según la NLT-329.

A juicio del Director de las Obras se podrán exigir, además, los valores del resto de las características especificadas en la tabla 216.1.

## 216.5. Control de calidad

Si con el producto se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto, según lo indicado en el apartado 216.7 del presente artículo, los criterios descritos a continuación para realizar el control de recepción de las cisternas no serán de aplicación obligatoria, todo ello sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

### 216.5.1. Control de recepción de las cisternas

De cada cisterna de emulsión bituminosa modificada con polímeros que llegue a la obra se tomarán dos (2) muestras de, al menos, un kilogramo (1 kg), según la NLT-121, en el momento del trasvase del material de la cisterna al tanque de almacenamiento.

Sobre el residuo por evaporación, según la NLT47, de una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Determinación de su penetración, según la NLT-124.
- Punto de reblandecimiento, según la NLT-125.
- Recuperación elástica, según la NLT-129.

Y la otra se conservará durante al menos quince (15) días para realizar ensayos de contraste si fueran necesarios.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro criterio para el control de recepción de las cisternas.

### 216.5.2. *Control en el momento de empleo*

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará según lo dispuesto en el apartado 216.5.4 del presente artículo, en bloque, a la cantidad de treinta toneladas (30 t) o fracción diaria de emulsión bituminosa modificada con polímeros, excepto en el caso de emulsiones bituminosas modificadas con polímeros empleadas para riegos de adherencia, en cuyo caso se considerará como lote la fracción semanal. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro tamaño de lote.

De cada lote se tomarán dos (2) muestras de, al menos, un kilogramo (1 kg), según la NLT-121, a la salida del tanque de almacenamiento.

Sobre el residuo por evaporación, según la NLT-147, de una de las muestras se realizarán los siguientes ensayos:

- Determinación de su penetración, según la NLT-124.
- Punto de reblandecimiento, según la NLT-125.
- Recuperación elástica, según la NLT-329.

Y la otra se conservará durante al menos quince (15) días para realizar ensayos de contraste si fueran necesarios.

### 216.5.3. *Control de adicional*

Una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces, durante la ejecución de la obra, por cada tipo y composición de emulsión bituminosa modificada con polímeros y cuando lo especifique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se realizarán los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la tabla 216.1

Si la emulsión bituminosa modificada con polímeros hubiese estado almacenada en condiciones atmosféricas normales y durante un plazo superior a quince (15) días, antes de su empleo, se realizarán, como mínimo, sobre dos (2) muestras, una de la parte superior y la otra de la inferior del depósito de almacenamiento, los ensayos de contenido de betún asfáltico residual, según la NLT-139, y tamizado, según la NLT-142. Si no cumpliera lo establecido para estas característi-

cas, se procederá su homogeneización y realización de nuevos ensayos o a su retirada.

En condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el Director de las Obras podrá disminuir el plazo de quince (15) días, anteriormente indicado, para la comprobación de las condiciones de almacenamiento de la emulsión bituminosa modificada con polímeros.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el Director de las Obras lo estime conveniente, se llevarán a cabo los ensayos necesarios para la comprobación de las características que estime necesarias, de entre las especificadas en la tabla 216.1.

Para las emulsiones bituminosas modificadas con polímeros que dispongan de una hoja de ensayos suscrita por un laboratorio dependiente del Ministerio de Fomento o un laboratorio acreditado por él, o por otro laboratorio de ensayos u organismo de control o certificación acreditado en un Estado Miembro de la Unión Europea o que sea parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo sobre la base de las prescripciones técnicas correspondientes, se tendrán en cuenta los resultados de los ensayos que se hayan realizado en el correspondiente Estado miembro y no se repetirán innecesariamente los mismos ensayos. Para ello, los laboratorios en cuestión deberán ofrecer unas garantías razonables y satisfactorias en cuanto a su cualificación técnica y profesional y a su independencia (por ejemplo, según la EN 45000). No obstante lo anterior, la presentación de dicha hoja de ensayos no afectará en ningún caso a la realización ineludible de los ensayos de penetración, punto de reblandecimiento y recuperación elástica.

### 216.5.4. *Criterios de aceptación o rechazo*

El Director de las Obras indicará las medidas a adoptar en el caso de que la emulsión bituminosa modificada con polímeros no cumpla alguna de las especificaciones establecidas en la tabla 216.1.

### 216.6. *Medición y abono*

La medición y abono de la emulsión bituminosa modificada con polímeros se realizará según lo indicado en el Pliego de Prescripciones

Técnicas Particulares para la unidad de obra de la que forme parte.

En acopios, la emulsión bituminosa modificada con polímeros se abonará por toneladas (t) realmente acopiadas.

### 216.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en el presente artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este

artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### Normas de referencia

NLT-121. Toma de muestras de los materiales bituminosos.

NLT-124. Penetración de los materiales bituminosos.

NLT-125. Punto de reblandecimiento anillo y bola de los materiales bituminosos.

NLT-126. Ductilidad de los materiales bituminosos.

NLT-130. Solubilidad de los materiales bituminosos en disolventes orgánicos

NLT-137. Agua en las emulsiones bituminosas.

NLT-138. Viscosidad Saybolt de las emulsiones bituminosas.

NLT-139. Residuo por destilación de las emulsiones bituminosas.

NLT-140. Sedimentación de las emulsiones bituminosas.

NLT-142. Tamizado de las emulsiones bituminosas.

NLT-144. Estabilidad de las emulsiones bituminosas (método de la mezcla con cemento).

NLT-147. Residuo por evaporación a 163 °C de las emulsiones bituminosas.

NLT-194. Carga de las partículas de las emulsiones bituminosas.

NLT-329. Recuperación elástica por torsión de betunes asfálticos modificados.

# 240. *Barras corrugadas para hormigón estructural* (\*)

## 240.1. Definición

Se denominan barras corrugadas para hormigón estructural aquellos productos de acero de forma sensiblemente cilíndrica que presentan en su superficie resaltos o estrías con objeto de mejorar su adherencia al hormigón.

Los distintos elementos que conforman la geometría exterior de estas barras (tales como corrugas, aletas y núcleo) se definen según se especifica en la UNE 36068 y UNE 36065.

Los diámetros nominales de las barras corrugadas se ajustarán a la serie siguiente:

6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32 y 40 mm

La designación simbólica de estos productos se hará de acuerdo con lo indicado en la UNE 36068.

## 240.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Las características de las barras corrugadas para hormigón estructural cumplirán con las especificaciones indicadas en el apartado 31.2 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural

(EHE)» o normativa que la sustituya, así como en la UNE 36068 y UNE 36065.

Las barras no presentarán defectos superficiales, grietas ni sopladuras.

La sección equivalente no será inferior al noventa y cinco y medio por ciento (95,5%) de su sección nominal.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo o tipos de acero correspondientes a estos productos de acuerdo con la UNE 36068 y UNE 36065.

La marca indeleble de identificación se realizará de acuerdo con las indicaciones del apartado 31.2 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

## 240.3. Suministro

La calidad de las barras corrugadas está garantizada por el fabricante a través del Contratista de acuerdo con lo indicado en el apartado 31.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya. La garantía de calidad de las barras corrugadas será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

## 240.4. Almacenamiento

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en el apartado 31.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

(\*) Artículo incorporado por al OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 240. «Barras lisas para hormigón armado».

### 240.5. Recepción

Para efectuar la recepción de las barras corrugadas será necesario realizar ensayos de control de calidad de acuerdo con las prescripciones recogidas en el artículo 90 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Serán de aplicación las condiciones de aceptación o rechazo de los aceros indicados en el apartado 90.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad y homogeneidad de los materiales que se encuentren acopiados.

### 240.6. Medición y abono

La medición y abono de las barras corrugadas para hormigón estructural se realizará según lo

indicado específicamente en la unidad de obra de la que formen parte.

En acopios, las barras corrugadas para hormigón estructural se abonarán por kilogramos (kg) realmente acopiados, medidos por pesada directa en báscula contrastada.

### 240.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### Normas de referencia en el artículo 240

UNE 36065. Barras corrugadas de acero soldable con características especiales de ductibilidad para armaduras de hormigón armado.

UNE 36068. Barras corrugadas de acero soldable para armaduras de hormigón armado.

# 241. *Mallas electrosoldadas* (\*)

## 241.1. Definición

Se denominan mallas electrosoldadas a los productos de acero formados por dos sistemas de elementos que se cruzan entre sí ortogonalmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica, según un proceso de producción en serie en instalaciones fijas.

Los diámetros nominales de los alambres corrugados que forman las mallas electrosoldadas se ajustarán a la serie siguiente:

5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10;  
10,5; 11; 11,5; 12 y 14 mm

La designación de las mallas electrosoldadas se hará de acuerdo con lo indicado en la UNE 36092.

## 241.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Los elementos que componen las mallas electrosoldadas pueden ser barras corrugadas o alambres corrugados. Las primeras cumplirán las especificaciones del apartado 31.2 o del apartado 4 del anejo 12 de la vigente «Instrucción de

Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya y, los segundos, las especificaciones del apartado 31.3, así como las condiciones de adherencia especificadas en el apartado 31.2 del mismo documento.

Los alambres y barras corrugadas no presentarán defectos superficiales, grietas ni sopladuras.

La sección equivalente de los alambres y barras corrugados no será inferior al noventa y cinco y medio por ciento (95,5%) de su sección nominal.

Las características de las mallas electrosoldadas cumplirán con lo indicado en el apartado 31.3 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, así como con las especificaciones de la UNE 36092.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, especificará el tipo de acero con el que se fabricarán las mallas electrosoldadas, así como el resto de las características exigibles a este tipo de material.

La marca indeleble de identificación se realizará de acuerdo con las indicaciones del apartado 31.3 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

## 241.3. Suministro

Cada paquete debe llegar al punto de suministro con una etiqueta de identificación conforme a lo especificado en la norma UNE 36092, de acuerdo con lo especificado en el artículo 31.3 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

La calidad de las mallas electrosoldadas está garantizada por el fabricante a través del Contra-

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 241. «Barras corrugadas para hormigón armado».

tista de acuerdo con lo indicado en el apartado 31.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya. La garantía de calidad de las mallas electrosoldadas será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

#### 241.4. Almacenamiento

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en el apartado 31.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### 241.5. Recepción

Para efectuar la recepción de las mallas electrosoldadas será necesario realizar ensayos de control de calidad de acuerdo con las prescripciones recogidas en el artículo 90 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Serán de aplicación las condiciones de aceptación o rechazo de los aceros indicados en el apartado 90.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras podrá, siempre que

lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad y homogeneidad de los materiales que se encuentren acopiados.

#### 241.6. Medición y abono

La medición y abono de las mallas electrosoldadas para hormigón armado se realizará según lo indicado específicamente en la unidad de obra de la que formen parte.

En acopios, las mallas electrosoldadas se aborarán por kilogramos (kg) realmente acopiados según su tipo y medidos por pesada directa en báscula debidamente contrastada.

#### 241.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### Normas de referencia en el artículo 241

UNE 36092. Mallas electrosoldadas de acero para armaduras de hormigón armado.



## 242. *Armaduras básicas electrosoldadas en celosía* (\*)

### 242.1. Definición

Se denomina armadura básica electrosoldada en celosía al producto de acero formado por tres grupos de elementos (barras o alambres) que forman una estructura espacial con los puntos de contacto unidos mediante soldadura eléctrica en un proceso automático. Constan de un elemento longitudinal superior, dos elementos longitudinales inferiores y dos elementos transversales de conexión.

Los diámetros nominales de los alambres, lisos o corrugados, empleados en las armaduras básicas electrosoldadas en celosía se ajustarán a la serie siguiente:

5, 6, 7, 8, 9, 10 y 12 mm

La designación simbólica del tipo de armadura básica se hará de acuerdo con lo indicado en la UNE 36739.

### 242.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Los elementos que componen las armaduras básicas electrosoldadas en celosía pueden ser

barras corrugadas o alambres. Deben ser corrugados en el caso de los elementos superiores e inferiores y pueden ser lisos o corrugados en el caso de los elementos transversales de conexión.

Los alambres y barras corrugadas no presentarán defectos superficiales, grietas ni sopladuras.

La sección equivalente de los alambres y barras corrugados no será inferior al noventa y cinco y medio por ciento (95,5%) de su sección nominal.

Serán de aplicación todas las especificaciones contenidas en el apartado 31.4 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

La marca indeleble de identificación se realizará de acuerdo con las indicaciones de ese mismo apartado.

### 242.3. Suministro

Cada paquete debe llegar al punto de suministro con una etiqueta de identificación conforme a lo especificado en la norma UNE 36739, de acuerdo con lo especificado en el apartado 31.4 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

La calidad de las armaduras básicas electrosoldadas en celosía estará garantizada por el fabricante a través del Contratista, de acuerdo con lo indicado en el apartado 31.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya. La garantía de calidad de las armaduras básicas electrosoldadas en celosía será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 242. «Mallas electrosoldadas».



#### 242.4. Almacenamiento

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en el apartado 31.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### 242.5. Recepción

Para efectuar la recepción de las armaduras básicas electrosoldadas en celosía será necesario realizar ensayos de control de calidad de acuerdo con las prescripciones recogidas en el artículo 90 de la «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Serán de aplicación todas las condiciones de aceptación o rechazo de los aceros indicados en el apartado 90.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad y homogeneidad de los materiales que se encuentren acopiados.

#### 242.6. Medición y abono

La medición y abono de las armaduras básicas electrosoldadas en celosía se realizarán según lo indicado específicamente en la unidad de obra de la que formen parte.

En acopios, las armaduras básicas electrosoldadas en celosía se abonarán por kilogramos (kg) realmente acopiados, medidos por pesada directa en báscula debidamente contrastada.

#### 242.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marca, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### Normas de referencia en el artículo 242

UNE 36739. Armaduras básicas de acero electrosoldadas en celosía para armaduras de hormigón armado.

## 243. *Alambres para hormigón pretensado* (\*)

### 243.1. Definición

Se denominan alambres para hormigón pretensado aquellos productos de acero de alta resistencia, de sección maciza, procedentes de un estirado en frío o trefilado de alambres, que normalmente se suministran en rollos. La designación simbólica de estos productos se hará de acuerdo con lo indicado en la UNE 36094.

### 243.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Las características de los alambres para hormigón pretensado cumplirán las especificaciones recogidas en los apartados 32.2 y 32.3 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, así como las de la UNE 36094.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y el grado del acero correspondiente a este producto, de acuerdo con lo indicado en la UNE 36094.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá los distintos diámetros normalizados a utilizar, procurando que, en el caso de ser varios, éstos sean lo suficientemente distintos en-

tre sí, con el objeto de que se puedan diferenciar en obra a simple vista y acopiar independientemente.

Cuando por el tipo de obra y ubicación de la misma, los alambres deban cumplir exigencias especiales de durabilidad, se harán constar en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

### 243.3. Suministro

La calidad de los alambres de acero para hormigón pretensado estará garantizada por el fabricante a través del Contratista de acuerdo con lo indicado en el apartado 32.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya. La garantía de calidad de los alambres será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

Los alambres para hormigón pretensado se suministrarán en rollos, verificándose siempre las condiciones geométricas especificadas a este respecto en el apartado 32.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya. Además no contendrán soldaduras realizadas después del tratamiento térmico del alambres anterior al trefilado.

Los alambres para hormigón pretensado deberán transportarse debidamente protegidos contra la humedad, deterioro, contaminación, grasas, etc.

Cada rollo deberá llevar una identificación en la que figuren de forma indeleble la marca del suministrador, el tipo y grado del acero, y el diámetro nominal del alambre, así como un número que permita identificar la colada o lote a que pertenezca.

(\*) Artículo modificado por la OM de 21/1/1988 y por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero de 2002.

#### 243.4. Almacenamiento

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en el apartado 32.7 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### 243.5. Recepción

Para efectuar la recepción de los alambres para hormigón pretensado será necesario realizar ensayos de control de calidad de acuerdo con las prescripciones recogidas en el artículo 90 de la «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Serán de aplicación las condiciones de aceptación o de rechazo de los aceros indicados en el apartado 90.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad y homogeneidad de los materiales que se encuentren acopiados.

#### 243.6. Medición y abono

La medición y abono de los alambres de acero para hormigón pretensado se realizará según lo indicado específicamente en la unidad de obra de la que formen parte.

En acopios, los alambres se abonarán por kilogramos (kg) realmente acopiados, medidos por pesada directa en báscula debidamente contrastada.

#### 243.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### Normas de referencia en el artículo 243

UNE 36094. Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado.

## 244. *Cordones de dos (2) o tres (3) alambres para hormigón pretensado* (\*)

### 244.1. Definición

Se denominan cordones de dos (2) o tres (3) alambres para hormigón pretensado aquellos productos de acero de alta resistencia, formados por dos o tres alambres de igual diámetro nominal, arrollados helicoidalmente sobre un eje común ideal, con el mismo paso de hélice e igual sentido de giro, utilizables como armaduras activas en obras de hormigón pretensado y que normalmente se suministran en rollos. La designación simbólica de estos productos se hará de acuerdo con lo indicado en la UNE 36094.

### 244.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Las características de los cordones de dos (2) o tres (3) alambres para hormigón pretensado cumplirán las especificaciones indicadas en los apartados 32.2 y 32.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, así como las de la UNE 36094.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y el grado del acero correspondiente a este producto, de acuerdo con lo indicado específicamente en la UNE 36094.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá los distintos diámetros normalizados a utilizar, procurando que, en el caso de ser varios, éstos sean lo suficientemente distintos entre sí, con el objeto de que se puedan diferenciar en obra a simple vistay acopiar independientemente.

Cuando por el tipo de obra o ubicación de la misma, los cordones deban cumplir exigencias especiales de durabilidad, éstas se especificarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

### 244.3. Suministro

La calidad de los cordones de dos (2) o tres (3) alambres de acero para hormigón pretensado estará garantizada por el fabricante a través del Contratista de acuerdo con lo indicado en el apartado 32.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya. La garantía de calidad de los cordones de dos (2) o tres (3) alambres será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

Los cordones de dos (2) o tres (3) alambres para hormigón pretensado deberán transportarse debidamente protegidos contra la humedad, deterioro, contaminación, grasas, etc.

Los cordones de dos (2) o tres (3) alambres para hormigón pretensado se suministrarán en rollos, verificándose siempre las condiciones geométricas especificadas a este respecto en el apartado 32.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 244. «Torzales para hormigón pretensados».

Cada rollo deberá llevar una identificación en la que figuren de forma indeleble la marca del suministrador, el tipo y grado del acero, y el diámetro nominal del cordón, así como un número que permita identificar la colada o lote a que pertenezca.

#### 244.4. Almacenamiento

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en el apartado 32.7 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### 244.5. Recepción

Para efectuar la recepción de los cordones de dos (2) o tres (3) alambres será necesario realizar ensayos de control de calidad de acuerdo con las prescripciones recogidas en el artículo 90 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Serán de aplicación las condiciones de aceptación o de rechazo de los aceros indicados en el apartado 90.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la

calidad y homogeneidad de los materiales que se encuentren acopiados.

#### 244.6. Medición y abono

La medición y abono de los cordones de dos (2) o tres (3) alambres de acero para hormigón pretensado se realizará según lo indicado específicamente en la unidad de obra de la que formen parte.

En acopios, los cordones de dos (2) o tres (3) alambres de acero se abonarán por kilogramos (kg) realmente acopiados, medidos por pesada directa en báscula debidamente contrastada.

#### 244.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### Normas de referencia en el artículo 244

UNE 36094. Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado.

## 245. *Cordones de siete (7) alambres para hormigón pretensado* (\*)

### 245.1. Definición

Se denominan cordones de siete (7) alambres para hormigón pretensado aquellos productos de acero de alta resistencia, formados por seis alambres de igual diámetro nominal,  $d$ , arrollados helicoidalmente, con el mismo paso de hélice e igual sentido de giro, alrededor de un alambre central recto de diámetro comprendido entre  $1,02$  y  $1,05d$ , utilizables como armaduras activas en obras de hormigón pretensado y que normalmente se suministran en rollos, bobinas o carretes.

La designación simbólica de estos productos normalizados se hará de acuerdo con lo indicado en la UNE 36094.

### 245.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Las características de los cordones de siete (7) alambres para hormigón pretensado cumplirán las especificaciones indicadas en los apartados 32.2 y 32.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, así como las de la UNE 36094.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particu-

lares definirá el tipo y el grado del acero correspondiente a este producto, de acuerdo con lo indicado específicamente en la UNE 36094.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá los distintos diámetros normalizados a utilizar, procurando que, en el caso de ser varios, éstos sean lo suficientemente distintos entre sí, al objeto de que se puedan diferenciar en obra a simple vista y acopiar independientemente.

Cuando por el tipo de obra o ubicación de la misma, los cordones deban cumplir exigencias especiales de durabilidad, éstas se especificarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

### 245.3. Suministro

La calidad de los cordones de siete (7) alambres de acero para hormigón pretensado estará garantizada por el fabricante a través del Contratista de acuerdo con lo indicado en el apartado 32.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya. La garantía de calidad de los cordones de siete (7) alambres será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

Los cordones de siete (7) alambres para hormigón pretensado deberán transportarse debidamente protegidos contra la humedad, deterioro, contaminación, grasas, etc.

Los cordones de siete (7) alambres para hormigón pretensado se suministrarán en rollos, bobinas o carretes, verificándose siempre las condiciones geométricas especificadas a este respecto en el apartado 32.6 de la vigente «Instrucción de

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 245. «Cordones para hormigón pretensado».

Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Cada rollo, bobina o carrete deberá llevar una identificación en la que figuren de forma indeleble la marca del suministrador, el tipo y grado del acero, y el diámetro nominal del cordón, así como un número que permita identificar la cola o lote a que pertenezca.

#### 245.4. Almacenamiento

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en el apartado 32.7 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### 245.5. Recepción

Para efectuar la recepción de los cordones de siete (7) alambres será necesario realizar ensayos de control de calidad de acuerdo con las prescripciones recogidas en el artículo 90 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Serán de aplicación las condiciones de aceptación o de rechazo de los aceros indicadas en el apartado 90.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad y homogeneidad de los materiales que se encuentren acopiados.

#### 245.6. Medición y abono

La medición y abono de los cordones de acero para hormigón pretensado se realizará según lo indicado específicamente en la unidad de obra de la que formen parte.

En acopios, los cordones se abonarán por kilogramos (kg) realmente acopiados, medidos por pesada directa en báscula debidamente contrastada.

#### 245.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### Normas de referencia en el artículo 245

UNE 36094. Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado.



## 246. *Tendones para hormigón pretensado* (\*)

### 246.1. Definición

Se denominan tendones para hormigón pretensado aquellos productos de acero formados por armaduras paralelas de pretensado, alojadas dentro de un mismo conducto.

En el caso de armaduras pretesas, recibe el nombre de tendón cada una de las armaduras individuales.

### 246.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Los tendones para hormigón pretensado estarán formados por alambres o cordones que estén normalizados y, por tanto, cumplan con las especificaciones de los artículos 243, 244 y 245, según el caso, de este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y grado del acero correspondiente a los productos que forman los tendones (alambres o cordones), de acuerdo con los apartados 32.2, 32.3 y 32.5, según el caso, de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que lo sustituya,

y con lo indicado específicamente en la UNE 36094.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá las prescripciones relativas a las características geométricas y ponderales, así como las mecánicas, de los tendones, ya que estos productos no están normalizados.

Cuando por el tipo de obra o ubicación de la misma, los cordones deban cumplir exigencias especiales de durabilidad, éstas se especificarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

### 246.3. Suministro

En tanto que estos productos no estén normalizados y se fabriquen y suministren bajo pedido específico, el fabricante, a través del Contratista, garantizará la calidad de los componentes del producto (alambres o cordones), de acuerdo con lo indicado en el apartado 32.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que lo sustituya. La garantía de calidad de los tendones será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

### 246.4. Almacenamiento

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en el apartado 32.7 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 246. «Cables para hormigón pretensado».

### 246.5. Recepción

No se aceptarán tendones formados por armaduras (alambres o cordones) procedentes de distintos rollos, salvo si el módulo de elasticidad de los rollos empleados, que figurará en su tarjeta de identificación, no difiere en más de un dos por ciento (2%) del menor valor del módulo de elasticidad presente en el tendón.

Para efectuar la recepción de tendones será necesario realizar ensayos de control de calidad de los elementos (alambres o cordones) que los componen de acuerdo con las prescripciones recogidas en el artículo 90 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Serán de aplicación las condiciones de aceptación o de rechazo de los aceros indicadas en el apartado 90.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad y homogeneidad de los materiales que se encuentren acopiados.

### 246.6. Medición y abono

La medición y abono de los tendones de acero para hormigón pretensado se realizará según lo indicado específicamente en la unidad de obra de la que formen parte.

En acopios, los tendones se abonarán por kilogramos (kg) realmente acopiados, medidos por pesada directa en báscula debidamente contrastada.

### 246.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### Normas de referencia en el artículo 246

UNE 36094. Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado.

## 247. *Barras de pretensado* (\*)

### 247.1. Definición

Se denominan barras de pretensado aquellos productos de acero de alta resistencia, de sección maciza (circular o poligonal) que se suministran solamente en forma de elementos rectilíneos.

### 247.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Las características de las barras de pretensado cumplirán las especificaciones indicadas en los apartados 32.2 y 32.4, según el caso, de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares hará mención expresa del tipo y grado de acero correspondiente a este producto.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá las distintas barras a utilizar, procurando que, en el caso de ser de diferente sección, éstas sean lo suficientemente distintas entre sí, al objeto de que se puedan diferenciar en obra a simple vista y acopiar independientemente.

### 247.3. Suministro

La calidad de las barras de pretensado estará garantizada por el fabricante a través del Contratista de acuerdo con lo indicado en el apartado 32.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya. La garantía de calidad de las barras de pretensado será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

Cada lote de barras deberá llevar una identificación en la que figuran de forma indeleble la marca del fabricante, el tipo y grado del acero, el diámetro nominal de la barra y un número que permita identificar la colada o lote.

### 247.4. Almacenamiento

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en el apartado 32.7 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

### 247.5. Recepción

Para efectuar la recepción de las barras de pretensado será necesario realizar ensayos de control de calidad de acuerdo con las prescripciones recogidas en el artículo 90 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Serán de aplicación las condiciones de aceptación o de rechazo de los aceros indicadas en el

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 247. «Barras para hormigón pretensado».

apartado 90.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad y homogeneidad de los materiales que se encuentren acopiados.

#### **247.6. Medición y abono**

La medición y abono de las barras de pretensado se realizará según lo indicado específicamente en la unidad de obra de la que formen parte.

En acopios, las barras de pretensado se aborarán por kilogramos (kg) realmente acopiados, medidos por pesada directa en báscula debidamente contrastada.

#### **247.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad**

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

# 248. *Accesorios para hormigón pretensado* (\*)

## 248.1. Definiciones

Son objeto del presente artículo, los dispositivos de anclaje y empalme de las armaduras activas postesas, así como las vainas y otros accesorios (tubos de purga, boquillas de inyección, separadores, trompetas de empalme y tubos de matriz), con las acepciones recogidas en los artículos 34 y 35 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá exactamente cada uno de los accesorios del sistema de pretensado adoptado.

## 248.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Los materiales cumplirán todas las prescripciones recogidas en los artículos 34 y 35 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará con suficiente precisión todas las características de los distintos accesorios de pretensado, tales como presiones transmitidas al hormigón en los anclajes, magnitud del movi-

miento armadura-cuña en los anclajes de este tipo, diámetro de las vainas, etc.

## 248.3. Suministro

La calidad de los accesorios utilizados en hormigón pretensado, se garantizará mediante la entrega, junto al pedido, de los documentos acreditativos correspondientes.

Los anclajes y empalmes deberán entregarse convenientemente protegidos para que no sufran daños durante su transporte, manejo en obra y almacenamiento.

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en este sentido en los artículos 91 y 92 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya. La garantía de calidad de los accesorios utilizados en hormigón pretensado será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

## 248.4. Almacenamiento

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en el apartado 34.3 y en el artículo 35 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

## 248.5. Recepción

Salvo indicación en contrario del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, la confor-

(\*) Artículo modificado por la OM de 21/1/1988 y por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero.

midad con el material suministrado se efectuará una vez realizadas las comprobaciones que se indican en los artículos 91 y 92 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad y homogeneidad de los materiales que se encuentren acopiados.

#### **248.6. Medición y abono**

La medición y abono de los accesorios para hormigón pretensado se realizará según lo indi-

cado específicamente en la unidad de obra de la que formen parte.

En acopios, las vainas se abonarán por metros (m) y el resto de accesorios por unidades realmente acopiadas.

#### **248.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad**

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

# 270. *Pinturas de minio de plomo para imprimación anticorrosiva de materiales férreos*

## 270.1. Definición

Se definen como pinturas de minio de plomo, para imprimación anticorrosiva de superficies de metales férreos, las que cumplen las condiciones exigidas en el presente Artículo.

Las pinturas incluidas en este Artículo se clasifican en los siguientes tipos:

- Tipo I: Pintura de minio de plomo al aceite de linaza.
- Tipo II: Pintura de minio de plomo-óxido de hierro, con vehículo constituido por una mezcla de resina gliceroftálica modificada y aceite de linaza crudo, disuelto en la cantidad conveniente de disolvente volátil.
- Tipo III: Pintura de minio de plomo con barniz gliceroftálico.
- Tipo IV: Pintura de minio de plomo con barniz fenólico.

## 270.2. Composición

### 270.2.1. Del pigmento

Los distintos pigmentos utilizados en la formulación de las pinturas presentarán las características que se indican en la Tabla 270.1.

Los pigmentos extraídos al analizar la pintura presentarán las características cuantitativas que se indican en la Tabla 270.2.

### 270.2.2. Del vehículo

En cualquiera de los cuatro casos, los vehículos deberán estar exentos de colofonia y sus derivados. Contendrán las cantidades apropiadas de antioxidantes y agentes que eviten en el mayor gra-

Tabla 270.1

Pigmento	Norma de ensayo	Tanto por 100 en peso							
		Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Minio de plomo	INTA 16 12 01	99,6	—	65,0	—	99,6	—	85,0	—
Estearato de aluminio	INTA 16 18 01	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
Óxido de hierro rojo (85% de Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (1)	ASTM D84-51 Clase II	—	—	1,5	—	—	—	—	—
Silicato magnésico	ASTM D605-53T	—	—	4	6	—	—	—	—
Tierra de diatomeas	ASTM D719-51	—	—	—	—	—	—	8,0	—

(1) Las impurezas del óxido de hierro deberán ser de naturaleza silícea.



Tabla 270.2

Componente	Norma de ensayo	Tanto por 100 en peso							
		Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Minio de plomo (Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )	INTA 16 05 01	96,5	—	62,5	—	96,5	—	82,0	—
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	INTA 16 05 02	—	—	12,5	—	—	—	—	—
Materia silícea	INTA 16 05 03	—	—	22	—	—	—	—	15

do posible la sedimentación del pigmento. Los componentes del vehículo deberán mezclarse en las proporciones que se indican en la Tabla 270.3.

El vehículo de la pintura tipo I estará constituido por una mezcla de aceite de linaza crudo y aceite de linaza polimerizado, además de los disolventes y secantes necesarios.

El vehículo de las pinturas tipo II estará constituido por una mezcla de aceite de linaza crudo y de resina gliceroftálica media en aceites, además de los disolventes y secantes necesarios.

El vehículo de las pinturas tipo III será un barniz gliceroftálico compuesto por una resina gliceroftálica media en aceites, disuelta en la cantidad adecuada de disolventes volátiles y los secantes necesarios.

El vehículo de las pinturas tipo IV será un barniz fenólico compuesto por una mezcla de acei-

te de madera de China y resina de p-fenil-formaldehído, disolventes volátiles y secantes.

La resina fenol-formaldehído que se emplee en la formulación del vehículo de las pinturas tipo IV cumplirá las condiciones indicadas en la Tabla 270.4.

El barniz fenólico que forma parte del vehículo de las pinturas incluidas en el tipo IV cumplirá las condiciones indicadas en la Tabla 270.5 y tendrá la siguiente composición:

% en peso	
Resina de p-fenil fenol-formaldehído, según la Norma INTA 16 16 04....	20,25
Aceite de madera de China, según la Norma UNE 48146 .....	39,75
Gasolina 150-210, según la Norma INTA 16 23 02 .....	40,00

Tabla 270.3

Componente	Norma de ensayo	Tanto por 100 en peso							
		Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Aceite de linaza crudo	UNE 48001	35	50	28	—	—	—	—	—
Aceite linaza polimerizado	UNE 48003	15	30	—	—	—	—	—	—
Resina gliceroftálica sólida	INTA 16 16 03	—	—	28	—	40	—	—	—
Barniz fenólico sólido		—	—	—	—	—	—	44	—
Disolvente volátil y secantes		—	35	—	44	—	66	—	56

Tabla 270.4

Características	Norma de ensayo	Límites	
		Mín.	Máx.
Peso específico a 25 °C	UNE 48098	1,03	1,06
Punto de reblandecimiento (método anillo y bola) en °C	INTA 16 02 45	85	99
Color (solución en xileno al 50%, sistema Gardner)	UNE 48048	—	10
Ceniza, % en peso	UNE 48143	—	0,03
Compatibilidad con alcohol etílico (25% de sólidos) (1)	Solución clara		

(1) Para este ensayo se calentará a reflujo la resina con alcohol etílico hasta su total disolución (unos quince minutos aproximadamente) y se examinará la solución después de transcurridas veinticuatro horas (24 h).

Tabla 270.5

Características	Norma de ensayo	Límites	
		Mín.	Máx.
Materia no volátil, % en peso	INTA 16 02 31	59	61
Viscosidad (viscosímetro de burbuja Gardner) a 25 °C	MELC 12.41	F	H
Color (sistema Gardner 1933)	UNE 48048	—	12
Peso específico	INTA 16 02 43	0,9	—
Tiempo de secado	MELC 12.73		
Seco al tacto, horas		—	2
Seco total, horas		—	8
Resistencia al agua hirviendo, horas	UNE 48144	7	—
Resistencia a los álcalis (NsOH al 5%), horas	MELC 12.105	7	—
Resistencia al gas	MEL 12.106	Cumplirá el ensayo	
Aspecto	INTA 16 02 12	Claro, transparente y libre de sedimentos	
Formación de pieles	MELC 12.77	No se formarán en recipiente parcialmente lleno al cabo de 48 h	

Estos ingredientes conducen a un barniz que cumple las propiedades indicadas en la Tabla 270.5 cuando se tratan de acuerdo con el siguiente esquema de cocción: Se colocan en la caldera de cocción la resina y el aceite y se calientan de tal manera que en cuarenta minutos (40 min) se llegue a la temperatura de doscientos cuarenta grados centígrados (240 °C). Se mantiene el baño a esta temperatura el tiempo conveniente (de 35 a 40 min). Se enfría con agua y se diluye con la gasolina 150-21 °C. El tiempo indicado como conveniente será aquel que conduzca, simultáneamente, en el producto final a la viscosidad y al contenido en materia no volátil especificados en la tabla 270.5.

## 270.3. Características de la pintura líquida

### 270.3.1. Cuantitativas

Los diversos tipos de pintura incluidos en el presente Artículo presentarán las características cuantitativas que se indican en la Tabla 270.6.

### 270.3.2. Cualitativas

#### 270.3.2.1. Color

Las pinturas tipos I, III y IV tendrán el color naranja característico del minio de plomo; las del

tipo II, tendrán el color típico de las mezclas de minio de plomo con óxido de hierro rojo.

#### 270.3.2.2. Estabilidad en envase parcialmente lleno

No se formarán pieles al cabo de cuarenta y ocho horas (48 h), según la Norma MELC 12.77.

#### 270.3.2.3. Estabilidad a la dilución

La pintura permanecerá estable y uniforme al diluir ocho (8) partes, en volumen, de pintura con una (1) parte, en volumen, de gasolina 156-210 °C, según las Normas INTA 16 23 02 y UNE 48097.

#### 270.3.2.4. Conservación en el envase

La pintura, en envase lleno y recientemente abierto, no mostrará una sedimentación excesiva y será fácilmente redispersada a un estado homogéneo, por agitación con espátula apropiada. Después de agitada no presentará coágulos, pieles, depósitos duros ni separación de color, de acuerdo con la Norma INTA 16 02 26.

#### 270.3.2.5. Aplicación a brocha

La pintura se aplicará a brocha sin dificultad, poseerá buenas propiedades de nivelación

Tabla 270.6

Componente	Norma de ensayo	Límites							
		Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Contenido en pigmento, % en peso de la pintura	MELC 12.05	77	—	66	—	67	—	65	—
Vehículo no-volátil, % en peso del vehículo	MELC 12.05	55	—	56	—	40	—	44	—
Anhídrido ftálico; % en peso del vehículo no-volátil	MELC 12.56	—	—	15	—	30	—	—	—
Índice de yodo de los ácidos grasos extraídos	UNE 48014	147	175	—	—	—	—	—	—
Reducción Kauri del vehículo supercentrifugado, %	UNE 48072	200	250	—	—	—	—	120	150
Agua no combinada, % en peso de la pintura	INTA 16 02 51	—	0,5	—	0,5	—	0,5	—	0,5
Partículas gruesas y pieles (retenidas en el tamiz 0,050 UNE % en peso del pigmento)	UNE 48030	—	1	—	1	—	1	—	1
Consistencia Krebs-Stormer a 200 rpm	MELC 12.74								
Gramos		165	250	155	225	150	240	100	225
Unidades Krebs		75	89	75	86	72	88	74	86
Peso específico	MELC 12.73	2,9	—	2,0	—	2,2	—	2,0	—
Tiempo de secado	MELC 12.73								
Seco al tacto, horas		—	6	—	4	1/4	1	174	1
Seco total, horas		—	36	—	16	—	6	—	6
Punto de inflamación (Pensky-Martene), en °C	INTA 16 41 03	30	—	30	—	30	—	30	—

de la superficie y no tendrá tendencia a descolgarse cuando se aplique sobre una superficie vertical de acero, con un rendimiento de doce metros cuadrados y medio por litro de pintura (12,5 m<sup>2</sup>/l), de acuerdo con la Norma MELC 12.03.

### 270.3.2.6. Aplicación por pulverización

Después de diluir la pintura con gasolina en la proporción de un (1) volumen de disolvente por ocho (8) volúmenes de pintura, se podrá pulverizar satisfactoriamente con pistola, sin que presente tendencia a descolgarse, ni a la formación de «pieles de naranja», o cualquier otro defecto, según la Norma MELC 12.03.

## 270.4. Características de la película seca de pintura

### 270.4.1. Aspecto

La película seca de pintura presentará un aspecto uniforme, exento de granos y de cualquier otro imperfección superficial.

### 270.4.2. Flexibilidad

No se producirá agrietamiento ni despegue de película al doblar la probeta ensayada sobre un mandril de seis milímetros y medio (6,5 mm) de diámetro, de acuerdo con la Norma MELC 12.93.

### 270.4.3. Resistencia a la inmersión en agua de las pinturas Tipo IV

Examinada la probeta de ensayo, inmediatamente después de sacada del recipiente con agua destilada a veintitrés grados centígrados (23 °C), donde habrá permanecido sumergida durante catorce (14) días, no se observarán ampollas ni arrugas en la película de pintura.

En un nuevo examen de la probeta dos (2) horas después de haber sido sacada del agua, la película de pintura no estará reblandecida, y sólo se admitirá un ligero blanqueamiento, de acuerdo con la Norma UNE 48144.

### 270.5. Medición y abono

La medición y abono de las pinturas de minio de plomo para imprimación anticorrosiva de materiales férreos, se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

# 271. *Pinturas de cromato de cinc-óxido de hierro, para imprimación anticorrosiva de materiales férreos*

## 271.1. Definición

Se definen como pinturas de cromato de cinc-óxido de hierro, para imprimación anticorrosiva de superficies de materiales férreos, las que cumplan las condiciones exigidas en el presente Artículo.

Las pinturas incluidas en este Artículo se clasifican en los siguientes tipo:

- Tipo I: Pintura de cromato de cinc-óxido de hierro, con vehículo constituido por una mezcla, a partes iguales, de resina gliceroftálica y aceite de linaza crudo, disuelta en la cantidad conveniente de disolvente volátil. Esta pintura presentará buena resistencia al agua.
- Tipo II: Pintura de cromato de cinc-óxido de hierro, con vehículo constituido por una solución de resina gliceroftálica, modificada con aceites vegetales, con la cantidad adecuada de disolvente volátil. Es esencial,

para el buen uso de esta pintura, que se aplique sobre superficies excepcionalmente limpias.

- Tipo III: Pintura de cromato de cinc-óxido de hierro, con vehículo constituido por un barniz de resina fenólica. La superficie metálica se deberá limpiar cuidadosamente antes de aplicar esta pintura, para lo cual se recomienda el chorro de arena.

## 271.2. Composición

### 271.2.1. Del pigmento

Los distintos tipos de pigmentos utilizados en la formulación de las pinturas presentarán las características que se indican en la Tabla 271.1.

Los pigmentos extraídos al analizar la pintura presentarán las características cuantitativas que se indican en la Tabla 271.5.

Tabla 271.1

Pigmento	Norma de ensayo	% en peso					
		Tipo I		Tipo II		Tipo III	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Amarillo de cinc	INTA 16 12 02	40	—	25	—	25	—
Óxido de hierro amarillo	ASTM D768-47	22	—	45	—	—	—
Óxido de hierro rojo	ASTM D84-51 CII	—	—	—	—	41	—
Óxido de cinc	UNE 48.041	15	—	15	—	15	—
Silicato magnésico	ASTM D605-53T	—	23	—	15	—	13
Tierra de diatomeas	ASTM D604-42	—	—	—	—	5	10

### 271.2.2. Del vehículo

En cualquiera de los tres casos, los vehículos deberán estar exentos de colofonia y sus derivados componentes de los vehículos correspondientes a las pinturas tipo I y II deberán mezclarse en las proporciones que se indican en la Tabla 271.2.

El vehículo de la pintura tipo I estará constituido por partes iguales, en peso, de resina gliceroftálica rica en aceite, y aceite de linaza crudo; además de los disolventes (gasolina, aguarrás, o una mezcla de ambos) y secantes necesarios.

El vehículo de la pintura tipo II estará constituido por una solución de resina gliceroftálica media en aceites, con la cantidad adecuada de disolvente volátil (gasolina, aguarrás o mezcla de ambos) y secantes.

El vehículo de la pintura tipo III estará constituido por un barniz fenólico, compuesto por una mezcla de aceite de madera de China, aceite de linaza crudo, resina de p-fenil fenol-formaldehído, y los disolventes convenientes para que la pintura cumpla las condiciones del presente Artículo.

Estos ingredientes producirán un barniz adecuado mezclándolos en las proporciones que se indican en la Tabla 271.3.

## 271.3. Características cualitativas de la pintura líquida

### 271.3.1. Color

La pinturas tipos I y II tendrán el color amarillo característico de la mezcla de cromato de cinc y óxido de hierro amarillo.

Las del tipo III tendrán el color rojo característico de la mezcla de óxido de hierro rojo y amarillo de cinc.

### 271.3.2. Conservación en envase lleno

La pintura en envase lleno y recientemente abierto será fácilmente homogeneizable, por agitación con una espátula apropiada. Después de agitada, no presentará coágulos, pieles ni depósitos duros; ni tampoco se observará flotación de pigmentos, de acuerdo con la Norma INTA 16 02 26.

### 271.3.3. Estabilidad en envase parcialmente lleno

No se formarán pieles al cabo de cuarenta y ocho horas (48 h), de acuerdo con la Norma MELC 12.77.

### 271.3.4. Estabilidad a la dilución

La pintura permanecerá estable y uniforme al diluir cinco (5) partes, en volumen, de pintura con una (1) parte, en volumen, de gasolina 150/200, de acuerdo con las Normas INTA 16 23 02 y UNE 48097.

### 271.3.5. Aplicación a brocha

La pintura se aplicará a brocha sin dificultad; poseerá buenas propiedades de nivelación de la

Tabla 271.3

Componente	Norma de ensayo	% en peso
Resina P-fenil fenol formaldehído	INTA 16 10 04	18,5
Aceite de linaza crudo	UNE 48.001	14
Aceite de madera de China	UNE 48.146	22
Gasolina 150/200	INTA 16 23 02	37
Nafta de alto punto de ebullición		8,5

Tabla 271.2

Componente	Norma de ensayo	% en peso			
		Tipo I		Tipo II	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Aceite de linaza crudo	UNE 48.001	34	—	—	—
Resina gliceroftálica sólida	INTA 16 16 02	34	—	40	—
Disolvente volátil y secantes		—	32	—	60

superficie, y no tendrá tendencia a descolgarse cuando se aplique sobre una superficie vertical de acero, con un rendimiento de doce metros cuadrados y medio por litro de pintura (12,5 m<sup>2</sup>/l), de acuerdo con la Norma MELC 12.03.

### 271.3.6. Aplicación por pulverización

Después de diluida la pintura con gasolina, en la proporción de un (1) volumen de disolvente por cinco (5) volúmenes de pintura, se podrá pulverizar satisfactoriamente con pistola, sin que presente tendencia a descolgarse ni a la formación de «pieles de naranja», o cualquier otro defecto, de acuerdo con la Norma MELC 12.03.

## 271.4. Características cuantitativas

### 271.4.1. De la pintura líquida

Los diversos tipos de pintura incluidos en el presente Artículo, presentarán las características cuantitativas que se indican en la Tabla 271.4.

### 271.4.2. Del pigmento recuperado

El pigmento recuperado deberá presentar las características cuantitativas que se indican en la Tabla 271.5.

## 271.5. Características de la película seca de pintura

### 271.5.1. Aspecto

La película seca de pintura presentará un aspecto uniforme, exento de granos y de cualquier otra imperfección superficial.

### 271.5.2. Brillo especular a 60° sin corrección por reflectancia difusa

- Pinturas tipo I. Valor máximo = Sesenta por ciento (60%).

Tabla 271.4

Características	Norma de ensayo	% en peso					
		Tipo I		Tipo II		Tipo III	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Contenido de pigmento, en % del peso de la pintura	MELC 12.05	51	61	40	45	44	48
Vehículo no-volátil, en %, en peso del del vehículo total	MELC 12.05	65	—	40	—	40	—
Anhídrido ftálico, en % del peso del vehículo no volátil	MELC 12.56	10	—	30	—	—	—
Ácidos grasos, en % del peso del vehículo no volátil	MEL 12.55	77	—	50	—	—	—
Reducción Kauri del vehículo supercentrifugado, en % del vehículo no volátil	UNE 48072	150	180	—	—	80	100
Agua no combinada, en % del peso de la pintura	INTA 16 02 51	—	12	—	1	—	1
Partículas gruesas y pieles retenidas en el tamiz, 0,050 UNE, en % del peso del pigmento	UNE 48030	—	1	—	1	—	1
Consistencia Krebs-Stormer a 200 rpm y 25 °C:							
Gramos	MELC 12.74	150	250	125	200	150	200
Unidades Krebs		72	89	67	82	72	82
Peso específico	MELC 12.72	1,56	—	1,26	—	1,32	—
Tiempo de secado:							
Seco al tacto (horas)	MELC 12.73	1	4	0,5	2	0,5	2
Seco total (horas)		—	24	—	16	—	16
Finura del molido: tamaño del grano, en micras (μ)	MELC 12.78	—	40	—	40	—	40
Punto de inflamación (Pensky-Martens), en °C	INTA 16 41 03	30	—	30	—	30	—

Tabla 271.4

Características	Norma de ensayo	% en peso					
		Tipo I		Tipo II		Tipo III	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Amarillo de cinc	MELC 12.21	39	—	24	—	24	—
Óxido de hierro	MELC 12.21	18	—	37	—	31	—
Materia silícea, expresada en SiO <sub>2</sub>	MELC 12.21	—	29	—	25	—	31
Óxido de cinc	MELC 12.21	14	—	14	—	14	—
Suma de los porcentajes del amarillo de cinc, óxido de cinc y materia silícea		90	—	90	—	90	—

- Pinturas tipo II. Valor máximo = Cuarenta por ciento (40%).
- Pinturas tipo III. Valor máximo = Cincuenta por ciento (50%).

Estas determinaciones se harán de acuerdo con la Norma MELC 12.100.

### 271.5.3. Flexibilidad (pinturas tipo II)

No se producirá agrietamiento, ni despegue de película, al doblar la probeta ensayada sobre un mandril de seis milímetros y medio (6,5 mm) de diámetro, de acuerdo con la Norma MELC 12.93.

### 271.5.4. Adherencia (pinturas tipo II)

Los bordes de la incisiones estarán definidos, no formando dientes de sierra. No será fácil separar un trozo de película de pintura del soporte metálico al que ha sido aplicada, de acuerdo con la Norma MELC 12.92.

### 271.5.5. Resistencia a la inmersión en agua (pinturas tipos II y III)

Examinada la probeta de ensayo, inmediatamente después de sacada del recipiente con agua destilada a veintitrés grados centígrados (23 °C), donde habrá permanecido sumergida durante dieciocho horas (18 h), la película de pintura podrá presentar, a lo sumo, unas ligeras ampollas; pero en ningún caso aparecerá arrugada. En un nuevo examen de la probeta, dos horas (2 h) después de haber sido sacada del agua, la película de pintura no estará reblandecida, y sólo admitirá un ligero blanqueamiento, de acuerdo con la Norma UNE 48.144.

### 271.6. Medición y abono

La medición y abono de las pinturas de cromato de cinc-óxido de hierro se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.



# 272. *Pinturas a base de resinas epoxi para imprimación anticorrosiva de materiales férreos y en acabado de superficies metálicas*

## 272.1. Tipos de pinturas

Los tipos de pinturas epoxi incluidos en este Artículo son los siguientes:

- Pintura alquitrán-epoxi.
- Pintura de imprimación de minio de plomo a base de resina epoxi.
- Pintura de acabado, a base de resina epoxi de alto contenido en sólidos, brillante.

## 272.2. Pintura de alquitrán-epoxi

### 272.2.1. Definición

Se definen como pinturas de alquitrán-epoxi las formadas por dos componentes, alquitrán y resinas epoxídicas, que presentan una protección duradera y eficaz para superficies metálicas que han de estar expuestas a ambientes corrosivos.

### 272.2.2. Composición

La pintura estará constituida por un sistema de dos componentes, base y catalizador, envasados separadamente.

El componente base, constituido por alquitrán de hulla, resina epoxi, relleno mineral y disolvente, deberá cumplir las exigencias de este Artículo.

El componente catalizador estará constituido por una solución de poliamina, poliamida o por un sistema en concordancia con la formulación establecida para el componente base.

### 272.2.2.1. Componente base

El componente base estará formado por las sustancias y proporciones que se indican en la Tabla 272.2.1.

Tabla 272.2.1

Alquitrán de hulla	36,6%
Resina epoxi	24,4%
Asbestos	25,0%
Gel de sílice	1,0%
Xilol	6,5%
Alcohol secbutílico	6,5%

### 272.2.2.2. Componente catalizador

Su composición será la indicada en la Tabla 272.2.2.

Tabla 272.2.2

Dietilentriamina	50%
Alcohol secbutílico	50%

### 272.2.3. Características del componente base

#### 272.2.3.1. Conservación en el envase

El producto en el envase lleno recientemente abierto no presentará coágulos, pellejos ni de-

pósitos duros, de acuerdo con la Norma INTA 16 02 26.

### 272.2.3.2. Estabilidad

Después de seis (6) meses de almacenamiento a temperatura comprendida entre quince y veinte grados centígrados (15 y 20 °C) el producto no presentará coágulos ni geles, de acuerdo con la Norma UNE 48096.

### 272.2.3.3. Temperatura de inflamación

La temperatura de inflamación mínima, de acuerdo con la Norma INTA 16 02 44, será de treinta grados centígrados (30 °C).

### 272.2.3.4. Materia fija

A ciento cinco grados centígrados (105 °C) el contenido de materia fija será, como mínimo, del ochenta y seis por ciento (86%), de acuerdo con la Norma MELC 17.28.

### 272.2.3.5. Relación resina-epoxi-alquitrán de hulla

Los contenidos de resina epoxi y alquitrán de hulla estarán en la relación de cuarenta a sesenta (40/60).

## 272.2.4. Características de los componentes mezclados

### 272.2.4.1. Facilidad de mezclado

Los componentes base y catalizador se mezclarán en las proporciones indicadas por el fabricante sin presentar ningún tipo de incompatibilidad.

### 272.2.4.2. Estabilidad

La mezcla no tendrá tendencia a gelificarse ni aumentar su consistencia en un período de tiempo

inferior a ocho horas (8 h) desde su preparación. Asimismo no presentará ningún tipo de incompatibilidad cuando cien gramos (100 g) de la misma sean diluidos con diez mililitros (10 ml) de una mezcla de partes iguales de xilol y sec-butanol, de acuerdo con las Normas UNE 48096, INTA 16 13 06 e INTA 16 13 15.

### 272.2.4.3. Aplicación a brocha

La pintura no mostrará tendencia a descolgarse al ser aplicada sobre una superficie vertical de acero con un rendimiento de cuatro a cinco metros cuadrados por kilogramo (4 a 5 m<sup>2</sup>/kg), de acuerdo con la Norma MELC 12.03.

### 272.2.4.4. Aplicabilidad de la segunda mano de pintura

La aplicación de una segunda capa de pintura, después de veinticuatro horas (24 h), a veinte más menos dos y medio grados centígrados (20 °C ± 2,5 °C) y sesenta más menos cinco por ciento (60% ± 5%) de humedad relativa, de aplicada la primera, no producirá reblandecimiento ni cualquier otra alteración de la misma.

### 272.2.4.5. Tiempo de secado

El tiempo máximo de secado, para repintar, será de dieciocho horas (18 h), de acuerdo con la Norma MELC 12.73.

## 272.2.5. Características de la película seca

### 272.2.5.1. Aspecto

La película, una vez seca, será uniforme de color y sin imperfecciones de superficie. Sólo se admitirá una ligera marca de la brocha.

### 272.2.5.2. Brillo

Según la Norma MELC 12.100, será como mínimo del cuarenta por ciento (40%).

### 272.2.5.3. Flexibilidad

#### Ensayo de plegado

En una probeta preparada como se indica a continuación, la película no presentará grietas ni se desprenderá de su soporte metálico al realizar ensayos con mandril de seis milímetros y medio (6,5 mm). Estas probetas serán de acero de siete y medio por quince centímetros (7,5 × 15 cm), con superficie desengrasada y decapada. Después se aplicarán tres (3) capas de la pintura de ensayo con intervalos de veinticuatro horas (24 h), dejando secar a veinte grados centígrados más o menos dos y medio (20 °C ± 2,5 °C) y sesenta más menos cinco por ciento (60% ± 5%) de humedad relativa, de forma que el espesor total del recubrimiento sea de trescientas micras (300 micras) como mínimo y dejar transcurrir diez (10) días antes de realizar el ensayo, de acuerdo con la Norma MELC 12.93.

#### Ensayo de embutición

En las probetas anteriores no se presentará cuarteamiento ni se desprenderá de su soporte metálico al realizar el ensayo con seis milímetros (6 mm) de profundidad, de acuerdo con la Norma INTA 16 02 63.

### 272.2.5.4. Espesor de la película seca

El espesor mínimo será de cien micras (100 micras), de acuerdo con la Norma INTA 16 02 24.

### 272.2.5.5. Resistencia al calor

La película no mostrará tendencia a descolgarse ni reblandecerse después de veinticuatro horas (24 h) en estufa a doscientos más menos cinco grados centígrados (200 °C ± 5 °C) en las probetas preparadas como se indicó en el apartado 270.2.5.3 y mantenidas en posición vertical durante el ensayo.

### 272.2.5.6. Resistencia a la inmersión

En las probetas preparadas adecuadamente, según se indicó con anterioridad, con los bordes

protegidos de parafina, la película no presentará ampollas ni cualquier otro defecto en la superficie, admitiéndose solamente un ligero cambio de color después de siete (7) días de inmersión en los siguientes reactivos: agua destilada, solución acuosa de cloruro sódico al tres y medio por ciento (3,5%), ácido sulfúrico al diez por ciento (10%), ácido clorhídrico al diez por ciento (10%) e hidróxido sódico al veinte por ciento (20%).

Se producirá solamente un ligero ataque superficial de la película y un moderado reblandecimiento después de una hora (1 h) de inmersión en metilisobutilcetona.

Asimismo se producirá un ligero ataque superficial en la película y un moderado reblandecimiento después de siete días (7 d) de inmersión en una mezcla de treinta por ciento (30%) de isoocetano y setenta por ciento (70%) de toluol.

Esta determinación se realizará de acuerdo con la Norma UNE 48144.

### 272.2.5.7. Resistencia a la humedad en condiciones de condensación

Las probetas no presentarán ampollas ni cualquier otra alteración de la superficie después de doscientas cincuenta horas (250 h) de exposición, de acuerdo con la Norma INTA 16 06 09.

### 272.2.5.8. Resistencia al anhídrido sulfuroso

En una probeta pintada y protegida convenientemente con parafina fundida, la película no presentará más alteración que un ataque superficial y un eventual cambio de color, sin que el soporte metálico presente signos de corrosión, cuando es sometida a cinco (5) ciclos en condiciones de intensa corrosión, de acuerdo con la Norma INTA 16 06 09.

### 272.2.5.9. Resistencia a la niebla salina

En una probeta pintada como se indicó anteriormente y cuyos bordes han sido protegidos con parafina fundida, la película no presentará ampollas ni la corrosión se extenderá a más de

dos milímetros (2 mm) de las líneas marcadas en forma de aspa, con un punzón afilado, de forma que quede al descubierto la superficie del soporte metálico después de doscientas cincuenta horas (250 h), de acuerdo con la Norma MELC 12.104.

#### 272.2.5.10. Resistencia al envejecimiento artificial acelerado

Las probetas no presentarán más alteración que un ligero ataque superficial y un eventual cambio de color, después de quinientas horas (500 h) de ensayo, de acuerdo con la Norma MELC 12.94.

#### 272.2.5.11. Almacenamiento

Podrá ser almacenada a una temperatura comprendida entre cinco y treinta grados centígrados (5 y 30 °C) durante un período de seis (6) meses, conservando sus propiedades.

#### 272.2.5.12. Instrucciones de empleo

Antes de ser aplicada la pintura, se procederá a mezclar sus dos componentes, preparando solamente la cantidad de pintura que vaya a ser utilizada en una jornada normal de trabajo y siguiendo siempre, y de la forma más estricta, las instrucciones del fabricante.

Se aplicará a brocha una vez mezclados los dos componentes; si se observa una viscosidad excesiva en la mezcla, hasta el punto de imposibilitar su aplicación, puede diluirse con un diez por ciento (10%) como máximo del disolvente que suministre el fabricante o en su defecto con una mezcla en partes iguales de xilol y secbutanol.

La pintura puede ser aplicada por pulverización con equipos especiales de trabajo pesado.

#### 272.2.5.13. Rendimiento

La pintura deberá ser aplicada de forma que el espesor mínimo de película obtenido en cada capa sea de unas cien micras (100 micras) apro-

ximadamente, lo cual puede conseguirse con una cubrición de cuatro a cinco metros cuadrados por kilogramo (4 a 5 m<sup>2</sup>/kg).

### 272.3. Pintura de imprimación de minio de plomo a base de resina epoxi

#### 272.3.1. Definición

Se define como pintura de imprimación de minio de plomo a base de resina epoxi la formada por dos componentes de poliamida y epoxi, respectivamente, de curado en frío, adecuada para utilizarse sobre superficies metálicas sin pintar.

#### 272.3.2. Composición

El material de imprimación deberá suministrarse como un sistema de dos componentes consistentes en:

- Un componente resinoso de tipo alfa-epoxi.
- Un agente de curado tipo poliamida.

El pigmento deberá estar dispersado de forma adecuada sólo en el componente de la resina. Cuando se necesiten dos capas de pintura de imprimación, el pigmento de la segunda deberá contener, aproximadamente, un medio por ciento (0,5%) en peso, de negro de humo.

#### 272.3.2.1. Composición del pigmento

Los componentes del pigmento, de acuerdo con la Norma INTA 16 12 01, serán:

- Minio de plomo ..... 75% mín.
- Insoluble en CIH..... 20% mín.

#### 272.3.2.2. Vehículo no volátil de cada componente

Componente resinoso:

- Punto de fusión, °C..... 65-85

- Viscosidad (Gardner-Holdt) 40% en peso en dietilenglicol monobutíler ..... D-K
- Peso específico a 20 °C ..... 1,17-1,22
- Color (Gardner), máximo ..... 4
- Gramos de resina que contienen 1 g de resina alfa-epoxídico .... 425-700

Estas determinaciones se realizarán de acuerdo con las Normas MELC 12.41, UNE 48048 y UNE 48098.

Agentes de curado:

- Color (Gardner), máximo ..... 12
- Viscosidad, Poises a 40 °C .... 500-750
- Peso específico a 20 °C ..... 0,980-1,000
- Valor amínico (equivalente en mg de KOH por gramo) ..... 210-200

Estas determinaciones se realizarán de acuerdo con las Normas UNE 48048 y UNE 48098.

### 272.3.3. Características cualitativas de la pintura líquida

#### 272.3.3.1. Propiedad de aplicación

Los dos componentes, mezclados de forma apropiada, deberán constituir una pintura apta para ser aplicada a brocha o por pulverización a pistola, según las instrucciones del fabricante. La mezcla preparada deberá permitir un acabado uniforme, de acuerdo con la Norma MELC 12.03.

#### 272.3.3.2. Conservación en envase

Almacenados los dos componentes durante seis (6) meses en los recipientes de origen, sin abrir, a temperaturas comprendidas entre cuatro y veintisiete grados centígrados (4 °C a 27 °C), y realizada, al término de este tiempo, la mezcla, deberá cumplir los requisitos de este Artículo, de acuerdo con la Norma INTA 16 02 26.

#### 272.3.3.3. Estabilidad

Mantenidos a una temperatura comprendida entre diez y veintisiete grados centígrados (10 °C

a 27 °C) los dos componentes mezclados, deberán permanecer en condiciones de poderse aplicar durante un período de diez horas (10 h), con o sin la adición de un máximo del diez por ciento (10%) en volumen del diluyente que recomienda el fabricante, de acuerdo con la Norma UNE 48096.

#### 272.3.3.4. Color

Deberá ser el característico de los pigmentos utilizados.

#### 272.3.4. Características cuantitativas de la pintura líquida

El material preparado de acuerdo con lo dicho anteriormente y ensayado o aplicado entre media y tres horas (0,5 a 3 h) después de realizada la mezcla, deberá cumplir los siguientes requisitos:

	Mín.	Máx.
Consistencia Krebs-Stormer a 200 rpm, Unidades Krebs .....	60	80
Tiempo de secado duro, horas.....	—	8
Finura de molido: tamaño de grano en micras .....	—	30
Material volátil, % en peso .....	60	35
Vehículo no volátil:		
Componente resinoso: g de resina que contienen 1 g equivalente de resina alfa-epoxi.....	450	700
Agente de curado: mg equivalentes de KOH por g.....	200	210

Estas determinaciones se realizarán según las Normas MELC 12.05, MELC 12.73, MELC 12.74 y MELC 12.78.

#### 272.3.5. Características de la película seca de pintura

##### 272.3.5.1. Preparación de las probetas

Las probetas para la realización de los distintos ensayos deberán ser de acero, con las dimen-

siones que se especifiquen en cada caso, perfectamente desengrasadas y libres de óxidos. La película de pintura se dejará secar al aire, en todos los casos, durante un tiempo de siete días (7 d). El espesor de película seca de pintura deberá ser de treinta a cuarenta micras (30 a 40 micras).

**272.3.5.2. Brillo especular a 60 °C sin corrección por reflexión difusa**

El valor del brillo especular deberá estar comprendido entre el diez y el treinta por ciento (10 a 30%), de acuerdo con la Norma MELC 12.100.

**272.3.5.3. Adherencia**

Ensayada la película seca de pintura, no será fácil separar un trozo de película del soporte metálico a que ha sido adherida, ni aun empleando una cinta adhesiva, de acuerdo con la Norma MELC 12.92.

**272.3.5.4. Aplicabilidad y aspecto**

Una capa normal de la imprimación deberá ser aparentemente uniforme, sin granos, arrugamientos ni excesivas marcas de brocha, cuando se aplique sobre paneles de acero.

**272.3.5.5. Aplicabilidad de una segunda mano de pintura de imprimación**

Después de veinticuatro horas (24 h) de secado, la película de pintura de imprimación no deberá removerse o levantarse cuando se le aplique una segunda mano de la misma.

**272.3.5.6. Aplicabilidad de una segunda mano de pintura de acabado**

Después de veinticuatro horas (24 h) de secado, la película de pintura de imprimación no de-

berá formar ampollas, reblandecerse, levantarse ni presentar ninguna otra imperfección cuando se le aplique una segunda mano de pintura de acabado compatible con la misma.

**272.4. Pintura de acabado brillante, a base de resina epoxi de alto contenido en sólidos**

**272.4.1. Definición**

Se define como pintura de acabado brillante, a base de resina epoxi de alto contenido en sólidos, a un recubrimiento de curado en frío a base de resinas epoxi, formado por dos componentes que se mezclan en el momento que se vaya a aplicar, y que puede ser utilizado sobre superficies metálicas, hormigón y madera.

**272.4.2. Composición**

Los materiales que constituyen este recubrimiento deberán suministrarse en forma de los dos componentes:

- Componente resinoso (a base de resina epoxi).
- Agente de curado.

No se permitirán los agentes de curado de poliamina volátil.

**272.4.3. Características cuantitativas de la pintura líquida una vez hecha la mezcla**

Después de preparar la pintura por mezcla de los dos componentes que la forman, ésta deberá cumplir las siguientes características:

	Mín.	Máx.
Tiempo de secado al tacto, horas ..	—	4
Curado completo, días.....	—	7
Finura de molido: tamaño de grado en micras .....	40	—
Materia volátil, % en peso de la pintura .....	—	15

Estas determinaciones se realizarán según las Normas MELC 12.73, MELC 12.78 y MELC 12.05.

#### **272.4.4. Características cualitativas de la pintura líquida una vez hecha la mezcla**

##### **272.4.4.1. Propiedades de preparación y aplicación de la pintura**

Después de mezclar los dos componentes de forma adecuada y dejarlos en reposo, la mezcla deberá poderse aplicar a brocha o a rodillo fácilmente, según recomienda el fabricante.

##### **272.4.4.2. Conservación en envase lleno**

Almacenados los dos componentes, por separado, durante seis (6) meses en los envases originales sin abrir, a una temperatura comprendida entre cuatro y veintisiete grados centígrados (4 °C a 27 °C), y mezclados como se indicó anteriormente, la pintura deberá cumplir los requerimientos especificados.

##### **272.4.4.3. Período de aplicabilidad de la pintura**

Vertida la pintura sobre un rodillo de pintor y mantenida a una temperatura comprendida entre quince y veinticuatro grados centígrados (15 °C a 24 °C), deberá conservar sus propiedades de aplicación por lo menos durante cuarenta y cinco minutos (45 min).

##### **272.4.4.4. Resistencia al descolgamiento**

Aplicada la pintura con un espesor de película húmeda de ciento cuarenta micras (140 micras), no se observará tendencia a descolgar o a fluir.

#### **272.4.4.5. Aplicabilidad y aspecto**

Cuando se aplique una mano de pintura con un rendimiento entre siete y ocho metros cuadrados por litro (7 a 8 m<sup>2</sup>/l), deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- El material deberá poderse aplicar con facilidad y producir una película libre de descolgamientos, pequeñas ampollas o «piel de naranja».
- El material tendrá un secado satisfactorio, y permitirá ser recubierto dieciocho horas (18 h) después de su aplicación. No se observarán levantamientos, arrugas, falta de uniformidad ni ningún otro defecto.

#### **272.4.5. Características de la película seca de pintura**

##### **272.4.5.1. Brillo especular**

El brillo especular a sesenta grados centígrados (60 °C), sin corrección por reflexión difusa, de acuerdo con la Norma MELC 12.100, tendrá un valor mínimo de setenta y cinco por ciento (75%).

##### **272.4.5.2. Dureza**

El valor mínimo de la dureza en unidades Sward, según la Norma INTA 16 02 25, será de veinte (20).

##### **272.4.5.3. Poder cubriente**

Cuando se utilicen colores blancos y claros, aplicada una mano de pintura con un extendedor de película Doctor Blade, de forma que se obtenga un espesor de la película seca de ciento veinticinco más menos doce micras (125 ± 12 micras), sobre un fondo de contraste de cuadros blancos y negros, éste quedará completamente cubierto, de acuerdo con la Norma MELC 12.96.



#### **272.4.5.4. Resistencia a los ácidos**

Examinada la probeta inmediatamente después de sacada del recipiente con una solución de ácido sulfúrico al cinco por ciento (5%), a temperatura, donde ha permanecido sumergida durante setenta y dos horas (72 h), no se observarán ampollas, reblandecimiento, arrugamiento o pérdida de adherencia. El examen de la probeta se realizará con una lente de diez (10) aumentos. No se tendrá en cuenta la pérdida de color o de brillo. Esta determinación se realizará según la Norma MELC 12.91.

#### **272.4.5.5. Resistencia a los álcalis**

Examinada la probeta inmediatamente después de sacada del recipiente con solución de hidróxido sódico al veinte por ciento (20%), a temperatura ambiente, donde ha permanecido sumergida durante setenta y dos horas (72 h), no se observarán ampollas, reblandecimiento, arrugamiento o pérdida de adherencia. No se tendrá en cuenta un ligero cambio en el tono de color.

Esta determinación se realizará según la Norma MELC 12.105.

#### **272.4.5.6. Resistencia a la acción de la luz**

No se producirá cambio de color apreciable en la película seca de pintura cuando se ensayen las probetas, durante cuarenta y ocho horas (48 h) a la acción de la luz, sin pulverización de agua. El cambio en el tono de color producido en las probetas sometidas a la acción de la luz deberá enjuiciarse por comparación con probetas testigos no sometidas a dicha acción, de acuerdo con la Norma MELC 12.94.

#### **272.4.5.7. Resistencia al lavado**

La película seca de pintura debe resistir cinco mil (5.000) ciclos en la máquina de lavabilidad sin mostrar más que una ligera diferencia entre las proporciones lavadas y sin lavar, de acuerdo con la Norma MELC 198.

### **272.5. Medición y abono**

La medición y abono de las pinturas a base de resinas epoxi se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

## 273. *Esmaltes sintéticos brillantes para acabado de superficies metálicas*

### 273.1. Definición

Se definen como esmaltes sintéticos brillantes para acabado de superficies metálicas los de secado al aire o en estufa que, por presentar gran resistencia a los agentes y conservar el color y el brillo, resultan adecuados para ser empleados sobre superficies metálicas previamente imprimadas.

Atendiendo al modo en que se realiza su secado, éstos esmaltes se clasifican en:

- Esmaltes de secado al aire.
- Esmaltes de secado en estufa.

### 273.2. Composición

#### 273.2.1. Del esmalte

Los esmaltes de distintos colores incluidos en el presente Artículo, que deberán aplicarse tal y como se encuentran en el envase, estarán constituidos por pigmentos y vehículos de las características que se indican en la Tabla 273.1.

#### 273.2.2. Del pigmento

Los pigmentos utilizados serán los compuestos puros, exentos de cargas y extendedores, que se indican en la Tabla 273.2.

Tabla 273.1

Color del esmalte	% en peso					
	Tipo I		Tipo II		Tipo III	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Blanco	23	26	30	33	44	56
Negro	3	4	38	41	58	42
Rojo vivo	9	11	35	38	54	46
Amarillo vivo	30	33	27	30	40	60
Amarillo pálido	20	23	31	35	46	54
Verde amarillento fuerte	17	20	32	35	48	52
Verde amarillo claro	15	19	33	37	52	50
Verde intenso	14	17	35	38	51	51
Azul oscuro	7	8	35	38	54	46
Gris azulado claro	20	23	31	34	46	54

Tabla 273.2

Color del esmalte	Pigmento	Norma de ensayo UNE 48103	Coeficientes tricromáticos de la película seca		
			x	y	Y (%)
Blanco	Dióxido de titanio, tipo rutilo, no enseyable	B-118	0,310	0,320	84,4
Negro	Negro de humo con pequeñas cantidades de azul de Prusia	B-102	0,293	0,307	3,8
Rojo vivo	Rojo de toluidina	B-203	0,631	0,316	8,1
Gris azulado claro	Dióxido de titanio y negro de humo o negro de lámpara	B-178	0,300	0,312	37,6
Azul oscuro	Azul de prusia; dióxido de titanio, tipo rutilo; negro de humo o negro de lámpara	B-710	0,226	0,206	1,2
Amarillo vivo	Amarillo de cromo claro	B-502	0,480	0,481	60,6
Amarillo pálido	Óxido de hierro amarillo; amarillo de cromo; dióxido de titanio, tipo rutilo, no enseyable	B-516	0,348	0,257	65,9
Verde amarillento fuerte	Verde de cromo; amarillo de cromo y dióxido de titanio, tipo rutilo, no enseyable	B-651	0,328	0,512	15,8
Verde amarillo claro	Verde de cromo y dióxido de titanio, tipo rutilo, no enseyable	B-662	0,325	0,375	47,0
Verde intenso	Verde de cromo, azul de Prusia y amarillo de cromo	B-602	0,279	0,479	7,9

### 273.2.3. Del vehículo de los esmaltes de secado al aire

El vehículo estará constituido por una resina gliceroftálica y la mezcla apropiada de hidrocarburos alifáticos, aromáticos o terpénicos, de manera que cumpla con las exigencias impuestas en el presente artículo. Puede igualmente llevar incorporadas pequeñas cantidades de agentes humectantes, estabilizadores o antiposos. El vehículo así preparado cumplirá las características que se indican en la Tabla 273.3.

### 273.2.4. Del vehículo de los esmaltes de secado en estufa

El vehículo estará constituido por una resina gliceroftálica corta o media en aceites, mezclada con resina de urea o melaminaformaldehído, en cantidad no menor al diez por ciento (10%).

Tabla 273.3

Componentes	Norma de ensayo	% en peso del vehículo no volátil	
		Mínimo	Máximo
Anhídrido ftálico	MEL 12.58	30	—
Ácidos grasos vegetales	MEL 12.58	45	55
Materia insaponificable	MEL 12.58	—	0,5

Contendrá, asimismo, la cantidad necesaria de hidrocarburos aromáticos, para que el conjunto cumpla con las características impuestas en el presente artículo. Puede, igualmente, llevar incorporadas pequeñas cantidades de agentes humectantes, estabilizadores o antiposos. El vehículo así preparado presentará las características que se indican en la Tabla 273.4.

### 273.3. Características cualitativas del esmalte líquido

#### 273.3.1. Conservación en envase lleno

El esmalte en envase lleno y recientemente abierto será fácilmente homogeneizable, por agitación con una espátula apropiada. Después de agi-

Tabla 273.4

Componentes	Norma de ensayo	% en peso del vehículo no volátil	
		Mínimo	Máximo
Anhídrido ftálico	MELC 12.58	28	36
Ácidos grasos vegetales	MELC 12.58	28	43
Materia insaponificable	MELC 12.58	—	10
Resinas nitrogenadas	MELC 12.58	10	20
Colofonia y sus derivados	MELC 12.54	—	Nada
Resinas fenólicas	MELC 12.55	—	Nada

tado no presentará coágulos, pieles ni depósitos duros, ni tampoco se observará flotación de pigmentos, de acuerdo con la Norma INTA 16 02 26.

### 273.3.2. Estabilidad en envase lleno

El esmalte no aumentará su consistencia, en más de diez (10) unidades Krebs, al cabo de seis (6) meses de permanecer almacenado en envase herméticamente cerrado a temperatura ambiente; así como tampoco se formarán pieles, geles ni depósitos duros. El esmalte será fácilmente homogeneizable por agitación con una espátula apropiada.

Esta determinación se realizará según la Norma MELC 12.77.

### 273.3.3. Estabilidad en envase parcialmente lleno

No se formarán pieles al cabo de cuarenta y ocho horas (48 h). Transcurridos treinta días (30 d) no se formarán geles ni depósitos duros, y la piel superficial que pudiera formarse será continua y fácil de eliminar sin romperse. El esmalte será fácilmente homogeneizable, por agitación con una espátula apropiada.

Esta determinación se realizará según la Norma MELC 12.77.

### 273.3.4. Aplicación a brocha

El esmalte de secado al aire se aplicará a brocha sin dificultad, poseerá buenas propiedades de nivelación de la superficie y no tendrá tendencia a descolgarse cuando se aplique sobre una superficie vertical de acero, con un rendimiento de diez metros cuadrados por litro de esmalte (10 m<sup>2</sup>/l), de acuerdo con la Norma MELC 12.03.

### 273.3.5. Aplicación por pulverización

Después de diluido el esmalte de secado al aire con gasolina, en la proporción de un (1) volumen de disolvente por ocho (8) volúmenes de esmalte, se podrá pulverizar satisfactoriamente con pistola, sin que presente tendencia a descolgarse ni cualquier otro defecto. La película de esmalte, secada al aire, producirá imágenes especulares claras y bien definidas.

Después de diluido el esmalte de secado en estufa con xilol, en la proporción de un (1) volumen de xilol por ocho (8) volúmenes de esmalte, se podrá pulverizar satisfactoriamente con pistola, sin que presente tendencia a descolgarse ni a formar ningún otro defecto. La película de esmalte, secada a ciento veinte grados centígrados (120 °C) durante cuarenta y cinco minutos (45 min), producirá imágenes especulares claras y bien definidas.

Estas determinaciones se realizarán según la Norma MELC 12.03.

### 273.3.6. Tiempo de secado

A las dos horas (2 h) de aplicado un esmalte de secado al aire, conservado en este medio, estará seco al tacto. Al cabo de ocho horas (8 h) la película estará dura, y a las cuarenta y ocho horas (48 h) habrá alcanzado la dureza máxima.

Después de aplicar un esmalte de secado en estufa y mantenerlo en ésta a ciento veinte grados centígrados (120 °C) durante cuarenta y cinco minutos (45 min), la película estará dura. A las veinticuatro horas (24 h) de este tratamiento, y habiendo conservado al aire la probeta de ensayo, la película de esmalte deberá alcanzar su dureza máxima.

Estas determinaciones se realizarán según la Norma MELC 12.73.

### 273.3.7. Toxicidad

El esmalte no contendrá benceno, derivados clorados ni cualquier otro disolvente de reconocida toxicidad.

### 273.3.8. Aplicabilidad de la segunda mano de esmalte

No deberá producirse ninguna irregularidad, en la película seca de esmalte, cuando se aplique una segunda mano del mismo sobre placas que previamente hayan sido pintadas. El examen de las placas se hará después de transcurridos los siguientes tiempos de secado:

- Esmalte de secado al aire: veinticuatro horas (24 h).

- Esmalte de secado en estufa, a ciento veintidós grados centígrados (120 °C) con una tolerancia de dos grados centígrados ( $\pm 2$  °C): cuarenta y cinco minutos (45 min).

#### 273.4. Características cuantitativas del esmalte líquido

La pintura líquida cumplirá las características cuantitativas que se indican en la Tabla 273.5.

#### 273.5. Características de la película seca de esmalte

##### 273.5.1. Aspecto

La película seca de esmalte presentará un aspecto uniforme, brillante, exento de granos y de cualquier otra imperfección superficial.

##### 273.5.2. Color

Igualará, por comparación, al color indicado en la Tabla 273.2.

##### 273.5.3. Brillo especular

El brillo especular a sesenta grados centígrados (60 °C) sin corrección por reflectancia difusa, tendrá un valor mínimo del ochenta y siete por ciento (87%).

##### 273.5.4. Reflectancia luminosa aparente (45°-0°) del esmalte blanco

Valor mínimo: ochenta y cuatro por ciento (84%), según la Norma MELC 12.97.

##### 273.5.5. Poder cubriente de la película seca

Los valores límites de la relación de contraste, para cada uno de los esmaltes coloreados, cuando se apliquen en las cantidades unitarias, serán los que se indican en la Tabla 273.6, según la Norma MELC 12.96.

##### 273.5.6. Flexibilidad

No se producirá agrietamiento, ni despegue de la película, al doblar la probeta ensayada sobre un mandril de tres milímetros y medio (3,5 mm) de diámetro, de acuerdo con la Norma MELC 12.93.

##### 273.5.7. Adherencia

Los bordes de las incisiones estarán bien definidos, no formando dientes de sierra. No será fácil separar un trozo de película de esmalte del

Tabla 273.5

Características	Norma de ensayo	Límites	
		Mínimo	Máximo
Contenido de agua, en % en peso del esmalte	MELC 12.81	—	1,0
Partículas gruesas y pieles, retenidas en el tamiz 0,050 UNE, en % del peso del pigmento	UNE 48030	—	0,5
Consistencia Krebs-Stormer (200 rpm y 25 °C)			
Esmaltes de secado al aire:	MELC 12.74		
Gramos		125	175
Unidades Krebs		67	77
Esmaltes de secado en estufa:			
Gramos		100	150
Unidades Krebs		61	72
Finura de molido: tamaño del gramo, en micras ( $\mu$ )	MELC 12.78	—	13

Tabla 273.6

Color del esmalte	Cantidad de esmalte aplicado (cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Espesor de la película seca (μ)	Relación de contraste de la película seca
	Máxima	Máximo	Mínima
Blanco	65	25	0,90
Negro	65	25	1,00
Rojo vivo	75	37,5	0,87
Amarillo vivo	65	25	0,86
Amarillo pálido	65	25	0,96
Verde amarillento fuerte	75	37,5	0,96
Verde amarillo claro	75	37,5	0,96
Verde intenso	75	37,5	0,98
Azul oscuro	65	25	1,00
Gris azulado claro	65	25	0,98

soporte metálico al que ha sido aplicada, según la Norma MELC 12.92.

#### 273.5.8. Resistencia a la inmersión en agua

Examinada la probeta de ensayo, inmediatamente después de sacada del recipiente con agua destilada a una temperatura comprendida entre veintiún grados centígrados (21 °C) y treinta y dos grados centígrados (32 °C), donde habrá permanecido sumergida durante dieciséis horas (16 h), no se observarán ampollas ni arrugas en la película de esmalte. En un nuevo examen de la probeta, dos horas (2 h) después de haber sido sacada del agua, solamente se admitirá un ligero blanqueamiento. Finalmente, a las veinticuatro horas (24 h) de secada al aire, el brillo de la película de esmalte que estuvo sumergida será, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) del valor que presente otra placa de comparación que no haya sido sumergida en agua. Asimismo, no se apreciará diferencia entre la dureza de la película de esmalte de la placa sumergida y la de la placa de comparación.

Estas determinaciones se realizarán de acuerdo con la Norma UNE 48144.

#### 273.5.9. Resistencia a la pérdida de brillo, al enyesado y a los cambios de color

Después de ciento sesenta y ocho horas (168 h) de tratamiento en cámara de envejecimiento artificial, en la película seca de esmalte no se producirá enyesado, ni pérdida de brillo mayor

de treinta por ciento (30%), ni cambio de color superior a cuatro (4) unidades en la variación de luminosidad. Por excepción, los esmaltes amarillos podrán presentar una variación de luminosidad de ocho (8) unidades.

Estas determinaciones se realizarán de acuerdo con la Norma MELC 12.94.

#### 273.5.10. Resistencia a la intemperie

En la película de esmalte no se producirá enyesado, cuarteamiento, cambio de color, ni cualquier otro defecto al cabo de un año de exposición a la intemperie, y la película envejecida recuperará fácilmente el brillo por pulido, produciendo de nuevo imágenes claras y bien definidas. En los esmaltes de color amarillo se admitirá un discreto oscurecimiento de color.

Esta determinación se realizará de acuerdo con la Norma MELC 12.107.

#### 273.5.11. Resistencia al envejecimiento artificial

Al cabo de quinientas horas (500 h) de tratamiento, en la película de esmalte no se producirá enyesado, cuarteamiento, cambios de color, ni cualquier otro defecto; de acuerdo con la Norma MELC 12.94.

### 273.6. Medición y abono

La medición y abono de los esmaltes sintéticos brillantes se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

# 274. Pinturas de aluminio para fondo y acabado de superficies metálicas

## 274.1. Definición

Se definen como pinturas de aluminio, las preparadas a pie de obra por mezcla de barnices con purpurinas de aluminio en polvo o en pasta.

Los barnices y los pigmentos de aluminio, o purpurinas, en polvo y en pasta deberán cumplir las características que se fijan a continuación.

## 274.2. Barnices para pinturas de aluminio

### 274.2.1. Clasificación y aplicaciones

Los barnices incluidos en el presente Artículo tendrán un valor mínimo de reducción Kaurf del

setenta y cinco por ciento (75%) y se clasifican en los dos tipos siguientes:

- Tipo I. Barnices de baja viscosidad, para uso con purpurinas de aluminio en polvo.
- Tipo II. Barnices de viscosidad elevada, para ser empleados con purpurinas de aluminio en pasta.

Estos barnices no deberán emplearse por sí solos como recubrimientos transparentes.

### 274.2.2. Características cuantitativas del barniz líquido

Los barnices incluidos en el presente Artículo deberán cumplir las características dadas en la Tabla 274.1.

Tabla 274.1

Características	Norma de ensayo	Límites	
		Mínimo	Máximo
Materia no volátil, % en peso	MELC 12.28	50	—
Tiempo de secado:	MELC 12.73		
Seco al tacto, horas		1	4
Seco total, horas		—	18
Viscosidad a 25 °C	INTA 16 02 56		
Tipo I, poises		0,65	1,00
Tipo II, poises		0,85	1,25
Reducción Kaurf, %	UNE 48072	75	—
Índice de acidez de la materia no volátil, mg de KOH/g	UNE 48014	—	15
Contenido en calcio, expresado en CaO, % en peso de la materia no volátil	MELC 12.44	—	0,1
Punto de inflamación (vaso cerrado Tagliabue), en °C	MELC 12.82	30	—

### 274.2.3. Características cualitativas del barniz líquido

#### 274.2.3.1. Color

El barniz no será más oscuro que la solución obtenida disolviendo tres gramos (3 g) de dicromato potásico ( $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ ) en cien centímetros cúbicos (100 cc) de ácido sulfúrico concentrado ( $d = 1,84$ ).

#### 274.2.3.2. Aspecto

Tendrán un aspecto claro, exento de sedimentos y de materia en suspensión, cuando se examinen con luz transmitida, según la Norma MELC 12.40.

#### 274.2.3.3. Propiedades de aplicación

Las pinturas preparadas mezclando los barnices tipos I y II con purpurinas de aluminio en polvo y en pasta, respectivamente, de la forma que se indica en los párrafos siguientes, se aplicarán con facilidad, tanto a brocha como por pulverización a pistola, sobre probetas de vidrio o metálicas.

Las probetas pintadas, una vez secadas en posición vertical, presentarán películas uniformes, lisas y lustrosas, según la Norma MELC 12.03. La mezcla se realizará utilizando el siguiente procedimiento: a cuarenta centímetros cúbicos (40 cm<sup>3</sup>) de barniz se añaden, lentamente y agitando, cuatro gramos (4 g) de purpurina en polvo si se trata de barniz tipo I, y seis gramos (6 g) de purpurina en pasta si se trata de barniz tipo II.

Una vez añadido al barniz la cantidad correspondiente de purpurina, se agita vigorosamente la mezcla durante dos (2) minutos y se deja en reposo dos (2) horas, al cabo de las cuales se volverá a agitar, nuevamente, antes de hacer el ensayo de aplicación.

#### 274.2.3.4. Estabilidad en envase parcialmente lleno

No se formarán pieles al cabo de cuarenta y ocho (48) horas, según la Norma MELC 12.77.

#### 274.2.3.5. Olor

El olor del barniz, tanto en su condición original como durante el proceso de secado y después de seco, no será irritante ni desagradable.

### 274.2.4. Características de la película seca

#### 274.2.4.1. Resistencia a la inmersión en agua

Examinada la probeta de ensayo dos horas (2 h) después de sacada del recipiente con agua a veintitrés grados centígrados (23 °C), donde ha permanecido sumergida durante un período de tiempo de dieciocho horas (18 h), la película de barniz no habrá blanqueado, perdido brillo, ni mostrará ningún otro defecto visible de superficie, de acuerdo con la Norma UNE 48144.

### 274.3. Pigmentos de aluminio en polvo y en pasta

#### 274.3.1. Clasificación y aplicaciones

Los pigmentos de aluminio incluidos en este Artículo se clasifican en los dos tipos siguientes:

- Tipo I. Pigmentos de aluminio en polvo.
- Tipo II. Pigmentos de aluminio en pasta.

Dentro de cada tipo, atendiendo al tamaño de sus partículas, se consideran las dos clases siguientes:

- Clase A. Extrafino.
- Clase B. Normal.

Los pigmentos de la clase A se emplearán en aquellos casos en que se desee reducir la cantidad de pigmentos de aluminio en la formulación de la pintura.



## 274.3.2. Composición

### 274.3.2.1. De los pigmentos de aluminio en polvo

Estarán constituidos por partículas de aluminio comercial, en forma de hojuelas, pulimentadas con un aceite lubricante adecuado.

### 274.3.2.2. De los pigmentos de aluminio en pasta

Estarán constituidos por partículas de aluminio comercial, en forma de hojuelas, pulimentadas con un aceite lubricante adecuado, al que se ha incorporado un disolvente volátil y materia grasa apropiada para formar una pasta espesa y uniforme.

## 274.3.3. Características cuantitativas

Los dos tipos de pigmentos de aluminio incluidos en el presente artículo presentarán las ca-

racterísticas cuantitativas que se indican en la Tabla 274.2.

## 274.3.4. Características cualitativas

### 274.3.4.1. Propiedades de aplicación

La pintura preparada por mezcla de pigmentos de aluminio en polvo o en pasta, en las cantidades que se indican en la Tabla 274.3 con un litro (1 l) del barniz especificado en este artículo, se aplicarán con facilidad a brocha o por pulverización.

La mezcla de pigmento de aluminio y barniz deberá hacerse por pequeñas y sucesivas adiciones de este último al primero, agitando continuamente hasta alcanzar una mezcla homogénea. Se dejará reposar la pintura así obtenida durante dos horas (2 h) y se agitará nuevamente antes de la realización del ensayo.

Para la pulverización con pistola, la pintura preparada del modo indicado en el párrafo anterior, se diluirá con gasolina, en una proporción de ocho (8) volúmenes de pintura por un (1) volumen de disolvente, como máximo.

Tabla 274.2

Características	Norma de ensayo	Tanto por ciento en peso			
		Tipo I. Pigmento en polvo		Tipo II. Pigmento en pasta	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Materia no volátil, a 105-110 °C	MELC 12.28	99,0	—	65,0	—
Partículas gruesas:	INTA 16 02 78				
Clase A: retenidas en el tamiz 0,050 UNE		—	0,1	—	0,1
Clase B: retenidas en el tamiz 0,050 UNE		—	1,5	—	1,0
Materia grasa soluble en acetona, %	MEL 12.26	—	4	—	3
Impurezas totales (no incluida la materia grasa), % en peso	INTA 16 05 15	—	1	—	0,7
Mica, filler mineral y otros adulterantes	INTA 16 05 15	—	0	—	0
Índice de flotación	MELC 12.15				
Clase A, %		50	—	55	—
Clase B, %		50	—	50	—

Tabla 274.3

	Tipo I. Pigmento en polvo		Tipo II. Pigmento en pasta	
	Clase		Clase	
	A	B	A	B
Cantidad en granos de pigmentos de aluminio que debe mezclarse con 1 litro de barniz	90	150	150	240

El ensayo de aplicación de la pintura se realizará sobre placas de acero o de vidrio desengrasadas. Las películas resultantes serán lisas y uniformes.

#### **274.3.4.2. Conservación en el envase de los pigmentos en pasta**

Los pigmentos de aluminio en pasta deberán tener aspecto homogéneo, sin presentar coágulos,

depósitos duros ni separación entre el pigmento y la fase líquida.

#### **274.4. Medición y abono**

La medición y abono de las pinturas de aluminio se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

# 275. Pinturas al clorocaucho para acabado de superficies metálicas

## 275.1. Definición

Se definen como pinturas al clorocaucho para acabado de superficies metálicas aquellas formadas por caucho colorado al que se le han incorporado plastificantes y estabilizadores con objeto de darle flexibilidad, adherencia y durabilidad.

Estas pinturas se caracterizan por su resistencia al fuego y al agua.

## 275.2. Composición y empleo

Salvo especificación en contrario del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se empleará cualquiera de las composiciones indicadas en la Tabla 275.1.

En condiciones ambientales corrosivas extremadamente severas, y cuando se precise un máximo de resistencia química, se utilizará el vehículo tipo A.

En pinturas de albañilería, hormigones y superficies de tipo alcalino, en ambientes muy corrosivos, con agua y agentes químicos, se utilizará el vehículo tipo B.

En cualquier caso, la aplicación se hará en tres capas de un espesor aproximado a ciento veinticinco micras (125 micras).

## 275.3. Medición y abono

La medición y abono de las pinturas al clorocaucho se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

Tabla 275.1

Componentes	Vehículo fijo, % en peso			
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Clorocaucho	50-60	45-60	20-35	5-50
Parafinas o bifemilos clorados	40-50	0-25	—	—
Resinas alquídicas medias o largas en aceites	—	20-30	65-80	0-25
Otros polímeros, resinas y plastificantes	—	—	—	0-95
<b>Totales</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

# 276. *Pinturas de albayalde blancas para superficies de madera, hormigón y materiales pétreos*

## 276.1. Definición

Se definen como pinturas de albayalde blancas para superficies de madera, hormigón y materiales pétreos, las de este color, de secado al aire y pigmentadas con albayalde, que resultan adecuadas para conseguir la imprimación, repintado o acabado de las superficies de los materiales citados; o para la protección de maderas que, por su calidad, retengan con dificultad la película de pintura.

## 276.2. Composición

### 276.2.1. Del pigmento

El pigmento no contendrá menos del noventa y nueve por ciento (99%) de carbonato básico de plomo, de acuerdo con la Norma UNE 48042.

La materia soluble en agua del pigmento será inferior a ocho décimas por ciento (0,8%).

### 276.2.2. Del vehículo

El vehículo deberá cumplir las características de composición que se indican en la Tabla 276.1.

Tabla 276.1

Componente	% en peso	
	Mínimo	Máximo
Aceite de linaza (vehículo no volátil)	70,0	75,0
Disolvente volátil y secantes	25,0	30,0

El vehículo no volátil estará constituido por una mezcla de aceite de linaza crudo refinado y «Standoil» de linaza.

Los tipos de aceite a emplear, y las cantidades en que deben mezclarse estos componentes del vehículo, serán los adecuados para que la pintura se aplique con facilidad a brocha, y cumpla las características de consistencia, absorción y reducción Kauri del vehículo supercentrifugado, que se indican en la Tabla 276.2.

El disolvente volátil estará constituido por aguarrás, gasolina o una mezcla de ambos. El secante estará conforme con la Norma INTA 16 15 02.

En la determinación de las características de la pintura, el agua no combinada que tuviera se incluirá en el vehículo volátil.

## 276.3. Características cualitativas de la pintura líquida

### 276.3.1. Color

La pintura tendrá color blanco.

### 276.3.2. Conservación en envase lleno

La pintura, en envase lleno y recientemente abierto, será fácilmente homogeneizable, por agitación con una espátula apropiada. Después de agitada, no presentará coágulos, pieles, ni depósitos duros, de acuerdo con la Norma INTA 16 02 26.

Tabla 276.2

Características	Norma de ensayo	Límites	
		Mínimo	Máximo
Peso específico	MELC 12.72	2,35	—
Contenido de pigmento en % del peso de la pintura	MELC 12.16	71	73
Agua no combinada, en % del peso de la pintura	MELC 12.81	—	1
Vehículo no volátil, en % del peso del vehículo total	MELC 12.05	70	75
Reducción Kaurf del vehículo supercentrifugado, en % del vehículo no volátil	UNE 48072	225	—
Partículas gruesas y pieles, retenidas en el tamiz 0,050 UNE, en % del peso del pigmento	UNE 48030	—	2
Consistencia Krebs-Stormer, a 200 rpm y 25 °C:	MELC 12.74		
Gramos		175	375
Unidades Krebs		77	102
Tiempo de secado:	MELC 12.73		
Seco total, horas		—	18
Absorción en cm	MELC 12.80	—	2,5

### 276.3.3. Propiedades de aplicación

La pintura se aplicará a brocha con facilidad; sin mostrar tendencia a descolgarse cuando se aplique a una superficie vertical de madera de pino, previamente imprimada con la misma pintura diluida con aceite de linaza crudo, de acuerdo con la Norma MELC 12.03.

### 276.4. Características cuantitativas de la pintura líquida

La pintura líquida presentará las características cuantitativas que se indican en la Tabla 276.2.

### 276.5. Características de la película seca de pintura

#### 276.5.1. Aspecto

La película seca de pintura presentará un aspecto uniforme, con marcas de brocha poco acentuadas, y el brillo característico de las pinturas al aceite.

### 276.5.2. Reflectancia luminosa aparente (45°-0°)

Valor mínimo: setenta y cinco por ciento (75%), de acuerdo con la Norma MELC 12.97.

### 276.5.3. Color

Blanco.

### 276.5.4. Resistencia al envejecimiento artificial

Al cabo de quinientas horas (500 h) de tratamiento, en la película de pintura no se producirá enyesado, cuarteamiento, ni cualquier otro defecto acusado de superficie. Solamente se admitirán discretas variaciones de color y pérdidas de brillo.

Esta determinación se realizará de acuerdo con la Norma MELC 12.94.

### 276.6. Medición y abono

La medición y abono de las pinturas de albayalde se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

# 277. *Pinturas rojas para superficies de madera, hormigón y materiales pétreos*

## 277.1. Definición

Se definen como pinturas rojas para superficies de madera, hormigón y materiales pétreos las de este color, de secado al aire, que resultan adecuadas para ser empleadas sobre las superficies de los citados materiales, previamente preparadas e imprimadas, a las que proporcionarán un acabado brillante.

Podrán ser aplicadas a brocha, o por pulverización a pistola. En este último caso, se les dará la consistencia precisa con aguarrás, gasolina ligera, o una mezcla de ambos.

## 277.2.2. Del pigmento

El pigmento estará constituido por rojo orgánico, dióxido de titanio y extendedor. Los fabricantes indicarán la naturaleza de este último, cuya proporción no deberá exceder del cinco por ciento (5%) del peso de la pintura.

El pigmento rojo orgánico deberá ser de los tipos «rojo para» o «rojo de toluidina», de acuerdo con las Normas ASTM D-475-76 y ASTM D-656-49, respectivamente.

El dióxido de titanio será de tipo rutilo, no enyesable, de acuerdo con la Norma UNE 48178.

## 277.2. Composición

### 277.2.1. De la pintura

La pintura deberá presentar las características que se indican en la Tabla 277.1.

Tabla 277.1

Componentes	Norma de ensayo	% en peso	
		Mínimo	Máximo
Pigmento	MELC 12.05	15	25
Vehículo fijo	MELC 12.05	30	40
Disolvente volátil	MELC 12.28	—	55
Total de sólidos	MELC 12.05	45	—

### 277.2.3. Del vehículo

El vehículo estará constituido por una solución de resina gliceroftálica, de riqueza media en aceite, en la cantidad adecuada de disolvente volátil, gasolina, aguarrás o mezcla de ambos, y por los secantes, estabilizadores y agentes antipiel necesarios.

La resina gliceroftálica, modificada por aceites vegetales, o por los ácidos grasos de estos aceites, deberá contener del veinticinco por ciento (25%) al treinta por ciento (30%) de anhídrido ftálico.

El secante será un compuesto a base de nftenatos, linoleatos, o mezcla de ambos; no permitiéndose el empleo de resinatos.

Podrán utilizarse otros diluyentes no tóxicos, distintos de la gasolina y el aguarrás, en proporción inferior al cinco por ciento (5%).

### 277.3. Características cualitativas de la pintura líquida

#### 277.3.1. Conservación en envase lleno

La pintura en envase lleno y recientemente abierto será fácilmente homogeneizable por agitación con una espátula apropiada. Después de agitada no presentará coágulos, ni depósitos duros, ni tampoco se observará flotación de pigmentos, de acuerdo con la Norma INTA 16 02 26.

#### 277.3.2. Estabilidad en envase lleno

La pintura no aumentará su consistencia en más de diez (10) unidades Krebs, al cabo de seis (6) meses de permanecer almacenada en envase herméticamente cerrado, a temperatura ambiente; así como tampoco se formarán pieles, geles, ni depósitos duros. La pintura será fácilmente homogeneizable, por agitación con una espátula apropiada.

Esta determinación se realizará de acuerdo con la Norma MELC 12.77.

#### 277.3.3. Estabilidad en envase parcialmente lleno

No se formarán pieles al cabo de cuarenta y ocho horas (48 h). Transcurridos treinta días (30 d) no se formarán geles, ni depósitos duros, y la piel superficial que pudiera formarse será conti-

nua y fácil de eliminar sin romperse. La pintura será fácilmente homogeneizable, por agitación con una espátula apropiada.

Esta determinación se realizará de acuerdo con la Norma MELC 12.77.

#### 277.3.4. Aplicación a brocha

La pintura se aplicará a brocha sin dificultad; poseerá buenas propiedades de nivelación de la superficie, y no tendrá tendencia a descolgarse, cuando se aplique sobre una superficie vertical de acero, con un rendimiento de diez metros cuadrados por litro de pintura (10 m<sup>2</sup>/l), de acuerdo con la Norma MELC 12.03.

#### 277.3.5. Aplicación por pulverización

Después de diluida la pintura con gasolina, en la proporción de un (1) volumen de disolvente por ocho (8) volúmenes de pintura, se podrá pulverizar satisfactoriamente con pistola; sin que presente tendencia a descolgarse, ni cualquier otro defecto. La película seca de pintura producirá imágenes espectaculares claras y bien definidas.

Esta determinación se realizará de acuerdo con la Norma MELC 12.03.

### 277.4. Características cuantitativas de la pintura líquida

La pintura presentará las características que se indican en la Tabla 277.2.

Tabla 277.2

Características	Norma de ensayo	Límites	
		Mínimo	Máximo
Contenido de agua, en % del peso de la pintura	MELC 12.81	—	1
Partículas y pieles retenidas en el tamiz 0,050 UNE, en % del peso del pigmento	UNE 48030	—	1
Consistencia Krebs-Stormer, a 200 rpm y 25 °C:	MELC 12.74		
Gramos		150	250
Unidades Krebs		74	89
Finura de molido: tamaño del grano, en micras ( $\mu$ )	MELC 12.78	—	15
Índice de opacidad	MELC 12.96	—	16
Tiempo de secado total (horas)	MELC 12.73	—	6

## 277.5. Características de la pintura seca

### 277.5.1. Aspecto

La película seca de pintura presentará un aspecto uniforme, brillante, exento de granos y cualquier otra imperfección superficial, y no deberá formar cordel, ni presentar defectos de estructura, de acuerdo con la Norma MELC 12.40.

### 277.5.2. Color

Sus coeficientes tricromáticos serán:

$$\begin{aligned}x &= 0,631 \\y &= 0,316 \\Y &= 8,1\%\end{aligned}$$

Esta determinación se realizará de acuerdo con la Norma UNE 48048.

### 277.5.3. Brillo especular a 60°, sin corrección por reflectancia difusa

Valor mínimo: sesenta por ciento (60%), de acuerdo con la Norma MELC 12.100.

### 277.5.4. Flexibilidad

No se producirá agrietamiento, ni despegue de película, al doblar la probeta ensayada sobre un mandril de seis milímetros (6 mm) de diámetro, de acuerdo con la Norma MELC 12.93.

### 277.5.5. Adherencia

Los bordes de las incisiones estarán bien definidos, no formándose dientes de sierra. No será fácil separar un trozo de película de pintura del soporte metálico al que ha sido aplicada.

Esta determinación se realizará de acuerdo con la Norma MELC 12.92.

### 277.5.6. Resistencia a la inmersión en agua

Examinada la probeta de ensayo, inmediatamente después de sacada del recipiente con agua destilada a una temperatura comprendida entre veintiún grados centígrados (21 °C) y treinta y dos grados centígrados (32 °C), donde habrá permanecido sumergida durante dieciséis horas (16 h), no se observarán ampollas ni arrugas en la película de pintura. En un nuevo examen de la probeta, dos horas (2 h) después de haber sido sacada del agua, solamente se admitirá un ligero blanqueamiento. Finalmente, a las veinticuatro horas (24 h) de secado al aire, el brillo de la película de pintura que estuvo sumergida será, como mínimo, el noventa por ciento (90%) del valor que presente otra placa de comparación que no haya sido sumergida en agua. Asimismo, no se apreciará diferencia entre la dureza de la película de pintura de la placa sumergida y la de la placa de comparación.

Esta determinación se realizará de acuerdo con la Norma UNE 48144.

### 277.5.7. Resistencia al envejecimiento artificial

Al cabo de ciento sesenta y ocho horas (168 h) de tratamiento, en la película de pintura no se producirá enyesado, ni cuarteamiento, ni pérdida de brillo superior al treinta por ciento (30%).

El cambio de color admisible deberá ser igual o inferior a cuatro (4) unidades en la variación de luminosidad, calculada por la expresión:

$$\Delta L = (\sqrt{YA} - \sqrt{YD})$$

siendo YA e YD, respectivamente, las reflectantes luminosas direccionales (45°-0°), en tanto por ciento (%), de la película de pintura, antes y después de ser sometida al ensayo de envejecimiento.

Esta determinación se realizará de acuerdo con la Norma MELC 12.94.

### 277.6. Medición y abono

La medición y abono de las pinturas rojas para superficie de madera, hormigón y materiales pétreos se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.



# 280. *Agua a emplear en morteros y hormigones* (\*)

## 280.1. Definición

Se denomina agua para emplear en el amasado o en el curado de morteros y hormigones, tanto a la natural como a la depurada, sea o no potable, que cumpla los requisitos que se señalan en el apartado 280.3 del presente artículo.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

## 280.2. Equipos

Con la maquinaria y equipos utilizados en el amasado deberá conseguirse una mezcla adecuada de todos los componentes con el agua.

## 280.3. Criterios de aceptación y rechazo

En general, podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado de morteros y hormigones, todas las aguas que la práctica haya sancionado como aceptables.

En los casos dudosos o cuando no se posean antecedentes de su utilización, las aguas deberán ser analizadas. En este caso, se rechazarán las aguas que no cumplan alguno de los requisitos indicados en el artículo 27 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, salvo justificación especial de que su empleo no altera de forma apreciable las propiedades exigibles a los morteros y hormigones con ellas fabricados.

## 280.4. Recepción

EL control de calidad de recepción se efectuará de acuerdo con el artículo 81.2 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras exigirá la acreditación documental del cumplimiento de los criterios de aceptación y, si procede, la justificación especial de inalterabilidad mencionada en el apartado 280.3 de este artículo.

## 280.5. Medición y abono

La medición y abono del agua se realizará de acuerdo con lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la unidad de obra de que forme parte.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero de 2002.

# 281. *Aditivos a emplear en morteros y hormigones* (\*)

## 281.1. Definición

Se denominan aditivos a emplear en morteros y hormigones aquellos productos que, incorporados al mortero u hormigón en pequeña proporción salvo en casos especiales, una cantidad igual o menor del cinco por ciento (5%) del peso del cemento, antes del amasado, durante el mismo y/o posteriormente en el transcurso de un amasado suplementario, producen las modificaciones deseadas de sus propiedades habituales, de sus características, o de su comportamiento, en estado fresco y/o endurecido.

En los documentos del Proyecto figurará la designación del aditivo de acuerdo con lo indicado en la Norma UNE EN 934(2).

## 281.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los tipos y las características de aquellos aditivos precisos para modificar las propiedades del mortero u hormigón requeridas en el Proyecto, indicando las dosificaciones y forma de obtenerlas.

En el caso de utilizarse más de un aditivo, en

el Pliego de Prescripciones técnicas Particulares deberá quedar claramente definida la asignación y el empleo de cada uno de ellos en sus correspondientes unidades de obra.

No se podrá utilizar ningún tipo de aditivo modificador de las propiedades de morteros y hormigones, sin la aprobación previa y expresa del Director de las Obras.

## 281.3. Equipos

La maquinaria y equipos utilizados en la dosificación, mezcla y homogeneización de los aditivos en morteros y hormigones, serán los adecuados para que dicha operación se lleve a cabo correctamente.

## 281.4. Ejecución

Serán de aplicación las prescripciones del artículo 29.1 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El aditivo dispondrá de una consistencia tal que su mezcla sea uniforme y homogénea en la masa del mortero y hormigón.

La dosificación del aditivo pulverulento se realizará medido en peso, y la del aditivo en pasta o líquido se podrá hacer en peso o en volumen. En el primer caso, se deberá expresar en tanto por ciento (%) o en tanto por mil (‰) con relación al peso del cemento, y en el segundo caso, en centímetros cúbicos de aditivo por kilogramo de cemento (cm<sup>3</sup>/kg). En este último caso, se deberá indicar también la equivalencia de dosifica-

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 281. «Aireantes a emplear en hormigones».

ción del aditivo expresada en porcentaje con relación al peso del cemento. En cualquier caso, la tolerancia será del cinco por ciento (5%) en más o en menos del peso o volumen requeridos.

En el caso de aditivos que modifican el contenido de aire o de otros gases, se cumplirán las condiciones de ejecución siguientes:

- En ningún caso, la proporción de aireante excederá del cuatro por ciento (4%) en peso del cemento utilizado en el hormigón.
- No se emplearán agentes aireantes con hormigones muy fluidos.
- La proporción de aire se controlará de manera regular en obra, según la Norma UNE 83315.
- No podrán utilizarse aditivos que tengan carácter de aireantes en elementos pretensados mediante armaduras ancladas por adherencia.

En el caso de los aditivos reductores de agua/plastificantes o reductores de agua de alta actividad/superfluidificantes, para determinar el tiempo de fraguado, se realizará un ensayo según la Norma UNE EN 480(2).

Los reductores de agua/plastificantes o reductores de agua de alta actividad/superfluidificantes, serán solubles en agua; excepcionalmente, determinados productos pueden formar una dispersión estable. Estos aditivos se deberán incorporar al mortero y hormigón, mezclados con toda o parte del agua necesaria para el amasado.

En elementos de hormigón armado o pretensado no podrán usarse como aditivos el cloruro cálcico, ni en general, productos en cuya composición intervengan cloruros, sulfuros, sulfitos u otros componentes químicos que puedan ocasionar o favorecer la corrosión de las armaduras.

En el caso en que se utilice cloruro cálcico como aditivo acelerador de fraguado o endurecimiento de hormigones en masa, su proporción no deberá ser superior al dos por ciento (2%) del peso de cemento. Podrá suministrarse en forma de escamas o granulado. Deberá cumplir las siguientes especificaciones:

- La composición química, expresada en tanto por ciento (%) en peso, del producto en forma granulada será:

Cloruro cálcico:  $\geq 94,0$ .

Total de cloruros alcalinos:  $\leq 5,0$ .

Impurezas, incluyendo cloruro magnésico y agua:  $\leq 1,0$ .

- La composición química, expresada en tanto por ciento (%) en peso, del producto en forma de escamas será:

Cloruro cálcico:  $\geq 77,0$ .

Total de cloruros alcalinos:  $\leq 2,0$ .

Impurezas:  $\leq 5,0$ .

Magnesio, expresado en cloruro magnésico:  $\leq 2,0$ .

Agua:  $\leq 10,5$ .

Además, la curva granulométrica del cloruro cálcico estará comprendida dentro de los husos indicados en la Tabla 281.1 de este artículo.

**Tabla 281.1**

Cedazos y tamices UNE	Contenido ponderal acumulado Porcentaje	
	En escamas	Granulado
8	100	100
4	70-100	90-100
0,063	0-10	0-10

## 281.5. Condiciones del suministro

### 281.5.1. Certificación

Las partidas de aditivo para morteros y hormigones deberán poseer un certificado de conformidad o distintivo reconocido de acuerdo con lo establecido en el apartado 1.1 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

En tanto no existan productos certificados, las partidas de aditivos irán acompañadas de su correspondiente documentación, las instrucciones de uso y un certificado, realizado por un laboratorio acreditado, donde figuren, expresamente, los siguientes datos:

- Residuo seco a ciento cinco más menos tres grados Celsius ( $105\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ ), de aditivos líquido, según la Norma UNE EN 480(8).
- Pérdida de masa a ciento cinco más menos tres grados Celsius ( $105\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ ), de los aditivos, según la Norma UNE 83206.
- Pérdida por calcinación a mil cuenta más menos veinticinco grados Celsius

(1.050 °C ± 25 °C), según la normativa UNE 83 207.

- Residuo insoluble en agua destilada, según la Norma UNE 83208.
- Contenido de agua no combinada, según la Norma UNE 83209.
- Contenido de halogenuros totales, según la Norma UNE 83210.
- Contenido de compuestos de azufre, según la Norma UNE 83211.
- Contenido de reductores (poder reductor), según la Norma UNE 83212.
- Peso específico de los aditivos líquidos, según la Norma UNE 83225.
- Densidad aparente de los aditivos sólidos, según la Norma UNE 83226.
- Valor del pH, según la Norma UNE 83227.
- Espectro infrarrojo, según la Norma UNE EN 480(6).

Además, los aditivos irán acompañados por el certificado de garantía del fabricante, firmado por una persona física, de acuerdo con los apartados 29.1 y 81.4 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

### 281.5.2. Envasado y etiquetado

El producto será expedido en envases adecuados para que no sufra ningún tipo de alteración. Los envases llevarán una etiqueta conforme con las indicaciones recogidas en la Norma UNE 83 275.

En el caso de que el suministro se realice a granel, el albarán deberá contener la información especificada para las etiquetas en el apartado anterior.

### 281.6. Especificaciones de la unidad terminada

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las especificaciones inherentes a cada unidad terminada, haciendo referencia a las características que serán exigibles, para su cumplimiento, en los aditivos empleados. Se cumplirán los requisitos contenidos en la UNE EN 934(2).

En particular, para los aditivos inclusores de aire, se cumplirá:

- El porcentaje de exudación de agua del hormigón aireado no excederá del sesenta y cinco por ciento (65%) de la exudación que produce el mismo hormigón sin airear.
- El hormigón aireado presentará una resistencia característica superior al ochenta por ciento (80%) de la que presentaría el mismo hormigón sin airear.

### 281.7. Recepción

El Director de las Obras solicitará el expediente, cuya presentación se exigirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, donde figuren las características y valores obtenidos en los aditivos a utilizar, de acuerdo con lo indicado en el apartado 281.5 del presente artículo, o bien, el documento acreditativo de su certificación.

Para efectuar el control de recepción de los aditivos, se llevarán a cabo las comprobaciones siguientes, con referencia en los valores antes citados (magnitudes con subíndice fabricante):

- Características organolépticas. Se comprobarán las características del aditivo dadas por el fabricante (por ejemplo: color, aspecto, etc.).
- Residuo seco (*RS*). El valor, expresado en tanto por ciento (%) en peso, deberá cumplir:

$$RS_{\text{fabricante}} - 2 \leq RS \leq RS_{\text{fabricante}} + 2$$

- Residuo insoluble en agua destilada (*RI*). El valor, expresado en tanto por ciento (%) en peso, deberá cumplir:

$$RI_{\text{fabricante}} - 3 \leq RI \leq RI_{\text{fabricante}} + 3$$

- Peso específico de los aditivos líquidos (*PE*). El valor, expresado en gramos por centímetro cúbico (g/cm<sup>3</sup>), deberá cumplir:

$$0,98 \cdot PE_{\text{fabricante}} \leq PE \leq 1,02 \cdot PE_{\text{fabricante}}$$

- Densidad aparente de los aditivos sólidos (*DA*). El valor, expresado en gramos por centímetro cúbico (g/cm<sup>3</sup>), deberá cumplir:

$$0,98 \cdot DA_{\text{fabricante}} \leq DA \leq 1,02 \cdot DA_{\text{fabricante}}$$

- Valor del pH. Deberá cumplir:

$$pH_{\text{fabricante}} - 1 \leq pH \leq pH_{\text{fabricante}} + 1$$

- Contenido de halogenuros  $[X(l)]$ . El valor, expresado en gramos por litro (g/l) o en porcentaje (%) en peso, según se trate de aditivos líquidos o de aditivos sólidos, deberá cumplir:

$$0,95 \cdot X(l)_{\text{fabricante}} \leq X(l) \leq 1,05 \cdot X(l)_{\text{fabricante}}$$

Se podrán considerar aditivos exentos de halogenuros, aquéllos cuyo contenido en la masa del mortero u hormigón no sea superior a un gramo por litro (1 g/l) en el caso de aditivos líquidos, y al tres por mil en peso (3‰), en el caso de aditivos sólidos.

- Espectro infrarrojo. Deberá responder cualitativamente al proporcionado por el fabricante.

En el caso de un aditivo reductor de agua/plastificante o reductor de agua de alta actividad/superfluidificante, se controlarán las características siguientes:

- Características organolépticas.
- Peso específico de los aditivos líquidos.
- Densidad aparente de los aditivos sólidos.
- Valor del pH.

Para realizar el control de dosificaciones y comportamiento de los aditivos, se tendrán en cuenta las prescripciones del apartado 81.4 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya. Además el Director de las Obras podrá exigir la realización de aquellos ensayos de verificación que estime convenientes.

## 281.8. Medición y abono

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forme parte.

La asignación a cada una de las unidades de

obra deberá estar especificada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

## 281.9. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

### Normas de referencia en el artículo 281

UNE 83206. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación de la pérdida de masa, a  $105 \pm 3$  °C, de los aditivos sólidos.

UNE 83207. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación de la pérdida por calcinación a  $1.050 \pm 25$  °C.

UNE 83208. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación del residuo insoluble en agua destilada.

UNE 83209. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación del contenido de agua no combinada.

UNE 83210. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación del contenido de halogenuros totales.

UNE 83211. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación del contenido de compuestos de azufre.

UNE 83212. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación del contenido de reductores (poder reductor).

UNE 83225. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación del peso específico de los aditivos líquidos.

UNE 83226. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación de la densidad aparente de los aditivos sólidos.

UNE 83227. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación del pH.

UNE 83275. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Etiquetado.

UNE 83315. Ensayos de hormigón. Determinación del contenido de aire de hormigón fresco. Métodos de presión.

UNE-EN 480. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Métodos de ensayo.

UNE-EN 934. Aditivos para hormigones, morteros y pastas.

# 282. Cloruro cálcico

## 282.1. Definición

Se define como cloruro cálcico el producto comercial, en escamas o granulado, que satisfaga las condiciones que se señalan en el presente artículo.

## 282.2. Composición química

Si el producto se encuentra granulado, tendrá la siguiente composición química, expresada en porcentaje con relación al peso:

- Cloruro cálcico, mínimo..... 94,0
- Total de cloruros alcalinos, máximo. 5,0
- Impurezas, incluyendo cloruro magnésico y agua, máximo ..... 1,0

Análogamente, si el producto se encuentra en escamas, tendrá la siguiente composición química:

- Cloruro cálcico, mínimo..... 77,0
- Total de cloruros alcalinos, máximo. 2,0
- Impurezas, máximo ..... 0,5
- Magnesio, expresado en cloruro magnésico, máximo ..... 2,0
- Agua, máximo ..... 10,5

## 282.3. Composición granulométrica

La curva granulométrica del cloruro cálcico estará comprendida dentro de los siguientes límites:

Cedazos y tamices UNE	Cernido ponderal acumulado (%)	
	En escamas	Granulado
10	100	100
6,3	80-100	95-100
0,80	0-10	0-10

## 282.4. Envasado

El producto será expedido en envases adecuados para que no sufra alteración.

Deberá rechazarse si, en el momento de abrir el recipiente que lo contiene, aparece en estado aglomerado.

## 282.5. Medición y abono

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forme parte.

## 283. Adiciones a emplear en hormigones (\*)

### 283.1. Definición

Se denominan adiciones aquellos materiales inorgánicos, puzolánicos o con hidraulicidad latente que, finalmente divididos, pueden ser añadidos al hormigón con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferirle propiedades especiales.

Sólo podrán utilizarse como adiciones, al hormigón, en el momento de fabricación, el humo del sílice y las cenizas volantes, estando éstas últimas prohibidas en el caso del hormigón pretensado.

### 283.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

#### 283.2.1. Humo de sílice

El humo de sílice, también denominado microsílíce, es un subproducto que se origina en la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón, en hornos eléctricos de arco, para la producción de silicio y aleaciones de ferrosilicio.

Se utiliza fundamentalmente en la fabricación

de hormigones de alta resistencia y es la única adicción que está permitida utilizar en la fabricación de hormigón pretensado.

#### 283.2.2. Cenizas volantes

Las cenizas volantes constituyen un producto sólido y en estado de fina división, procedente de la combustión de carbón pulverizado en los hogares de centrales termoeléctricas, que es arrastrado por los gases de proceso y recuperado de los mismos en los filtros.

No se aplicará el término cenizas volantes a los productos se parados o condensados de flujos de gases procedentes de otros procesos industriales.

### 283.3. Condiciones de suministro

Las especificaciones que debe cumplir el humo de sílice, respecto a sus características físicas y químicas, son las contenidas en la Norma UNE 83 460, así como en el apartado 29.2.2 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Por lo que se refiere a las cenizas volantes, las especificaciones que deben cumplir son las recogidas en la Norma UNE-EN-450, así como en el apartado 29.2.1 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El suministrador identificará la adición y garantizará documentalmente el cumplimiento de las características mencionadas en los párrafos anteriores. Los ensayos correspondientes deberán

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 283. «Plastificantes a emplear en hormigones».



haber sido efectuados por un laboratorio oficialmente acreditado.

De acuerdo con el apartado 29.2.3 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, para las cenizas volantes o el humo de sílice suministrados a granel se emplearán equipos similares a los utilizados para el cemento.

### 283.4. Almacenamiento

Serán de aplicación las prescripciones recogidas en el apartado 29.2.3 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

### 283.5. Condiciones de utilización

Las adiciones citadas sólo podrán utilizarse en hormigones fabricados con cemento tipo CEM I, con las limitaciones indicadas en el apartado 29.2 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

No podrá incorporarse a los hormigones ningún tipo de adición, sin la autorización previa y expresa del Director de las Obras, quién exigirá la presentación de ensayos previos favorables.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las condiciones de utilización de las cenizas volantes y el humo de sílice. Se tendrán en cuenta las recomendaciones contenidas a estos efectos en las Normas UNE 83414 y UNE 83460.

De acuerdo con el apartado 69.2.4.5 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, las adiciones se dosificarán en peso, empleando básculas y escalas distintas de las utilizadas para los áridos. La tolerancia en peso será del tres por ciento (3%) en más o en menos.

### 283.6. Recepción

Al ser tanto las cenizas volantes como el humo de sílice subproductos de la industria, no se tiene la garantía de su regularidad, por lo que es preciso que la central de hormigonado lleve a cabo el control de recepción de los diferentes suministros con el fin de comprobar que las posi-

bles variaciones de su composición no afectan al hormigón fabricado con las mismas.

No podrán utilizarse suministros de adiciones que no lleguen acompañados de un certificado de garantía del suministrador, firmado por una persona física, según lo indicado en el apartado 283.3 de este artículo.

Se realizarán las comprobaciones sobre las adiciones que se especifican en el apartado 81.4.2 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, y con la frecuencia indica en ese mismo apartado, salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indique otra cosa.

Todos los ensayos, y especialmente la determinación del índice de actividad, se realizarán empleando los mismos cementos que se utilicen en la obra.

Se extremarán las precauciones y controles cuando se empleen cenizas con un contenido de óxido de calcio (CaO) superior al diez por ciento (10%), por los posibles problemas de expansión a que pueden dar origen.

### 283.7. Medición y abono

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forme parte.

### 283.8. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

### Normas de referencia en el artículo 283

UNE 83414. Adiciones al hormigón. Ceniza volante. Recomendaciones generales para la adición de cenizas volantes a los hormigones fabricados con cemento tipo L.

UNE 83460. Adiciones al hormigón. Humo de sílice. Recomendaciones generales para la utilización del humo de sílice.

UNE-EN 450 Cenizas volantes como adición al hormigón. Definiciones, especificaciones y control de calidad.



## 284. *Colorantes a emplear en hormigones*

### 284.1. Definición

Se definen como colorantes a emplear en hormigones, las sustancias que se incorporan a su masa para darle color.

### 284.2. Condiciones generales

La aceptación de un producto colorante, así como su empleo, será deducida por el Director de las obras, a la vista de los resultados de los ensayos previos cuya realización ordene.

El producto colorante, para poder ser empleado, deberá cumplir las condiciones siguientes:

- Proporcionar al hormigón una coloración uniforme.
- Ser insoluble en agua.
- Ser estable a los agentes atmosféricos.
- Ser estable ante la cal y álcalis del cemento.
- No alterar apreciablemente el proceso de fraguado y endurecimiento, la estabilidad de volumen ni las resistencias mecánicas del hormigón con el fabricado.

### 284.3. Medición y abono

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forme parte.

## 285. *Productos filmógenos de curado* (\*)

### 285.1. Definición

Se denominan productos filmógenos de curado aquellos que aplicados sobre la superficie del hormigón fresco forman una membrana continua que reduce la pérdida de humedad durante el período de primer endurecimiento, reduciendo al mismo tiempo la elevación de temperatura del hormigón expuesto a los rayos solares, debido a la pigmentación clara de la membrana. Los productos comprendidos bajo esta definición pueden emplearse como medio de curado del hormigón fresco, así como con posterioridad al desencofrado o a un curado húmedo inicial.

Se excluyen de este artículo productos alternativos, como emulsiones, aceites, etc., que puedan alterar las características superficiales del hormigón. Tampoco se contemplan los productos laminares, como telas plásticas, papel impermeable, etc.

### 285.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Los productos filmógenos de curado serán compuestos de líquidos, tipo pintura, integrados por una base y un disolvente volátil, que en nin-

gún caso producirán efectos dañinos sobre el hormigón.

En general, la base, o porción no volátil, constará de un pigmento claro, preferentemente blanco, finamente dividido, y un vehículo, que estará compuesto de ceras naturales o sintéticas, o bien de resinas.

El contenido en fracción no volátil, que no será un material tóxico ni inflamable se determinará, de acuerdo con la UNE-EN ISO 3251.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las características del producto filmógeno de curado que vaya a emplearse. En caso de utilizarse más de un producto, deberá quedar claramente definida la asignación de cada uno de ellos a las correspondientes unidades de obra de la que formen parte.

No se utilizará ninguna clase de producto de filmógeno de curado, sin la aprobación previa y expresa del Director de las Obras.

### 285.3. Equipos

La maquinaria y equipos utilizados en la distribución superficial del producto filmógeno de curado asegurarán una distribución continua y uniforme de la película aplicada, así como la ausencia de zonas deficitarias en protección.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá, en su caso, los equipos a emplear en la distribución superficial del producto filmógeno de curado.

Antes de proceder a la aplicación en obra del producto filmógeno de curado, el Director de las Obras exigirá que se realicen pruebas sobre placas metálicas o de vidrio, dispuestas aleatoria-

(\*) Artículo modificado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero de 2002.

mente, para comprobar la uniformidad de distribución lograda con el equipo.

## 285.4. Ejecución

### 285.4.1. Aplicación

El producto filmógeno de curado será de una consistencia tal que se pueda aplicar fácilmente mediante pulverizado, durante el fraguado y primer período de endurecimiento, en una capa uniforme, a una temperatura de cuatro grados Celsius (4 °C) o superior. Al aplicar al producto sobre el hormigón, según la dosificación especificada, será posible apreciar visualmente la uniformidad de su reparto.

EL producto deberá adherirse al hormigón fresco y también al hormigón endurecido húmedo, formando una película continua, sin sufrir deterioros durante su aplicación. El líquido filmógeno pigmentado no deberá reaccionar perjudicialmente con el hormigón, particularmente con los iones de calcio.

El Director de las Obras, dependiendo del tipo de producto filmógeno a emplear, podrá exigir la realización de un tramo de ensayo, para definir posteriormente la forma más adecuada de aplicación.

En zonas donde se advierta visualmente un recubrimiento deficiente, se hará un aplicación de repaso, antes de transcurrida una hora (1 h) desde la aplicación inicial.

### 285.4.2. Secado

Después de doce horas (12 h) de ser aplicado, el producto no permanecerá viscoso ni se adherirá al calzado dejando huella cuando se camine sobre él, ni tampoco proporcionará una superficie deslizante al hormigón.

La velocidad de secado al tacto, se determinará por el siguiente método:

- Se aplicará el producto sobre una capa impermeable, en la dosis prescrita, y se expondrá a una corriente de aire a veintitrés grados Celsius más menos uno ( $23 \pm 1$  °C) de temperatura, cincuenta y cinco más menos cinco por ciento ( $55 \pm 5\%$ ) de humedad relativa, y tres metros por segundo

(3 m/s) de velocidad aproximada actuando según la dirección paralela a la placa. Se ensayará la película formada ejerciendo una presión moderada con un dedo. La película se considerará seca cuando no subsista el estado inicial de blandura y viscosidad, y la película se mantenga firme.

El producto, ensayado por este método, aparecerá seco al tacto en menos de cuatro horas (4 h).

Una vez seca, la película formada deberá ser continua, flexible y sin roturas o lagunas visibles, y deberá permanecer intacta al menos siete días (7 d) después de su aplicación. Transcurrido este plazo, la membrana deberá poder disgregarse gradualmente hasta desaparecer, bajo la influencia de los agentes atmosféricos o del uso.

### 285.4.3. Dotación

El producto filmógeno se aplicará en las proporciones indicadas por el fabricante. En caso de que no existiesen indicaciones al respecto, esta dotación no será inferior a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado (250 g/m<sup>2</sup>), salvo justificación en contrario.

## 285.5. Condiciones de suministro

### 285.5.1. Certificación

Las partidas de filmógenos deberán poseer un certificado o distintivo reconocido de acuerdo con el artículo 1.º de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

En tanto no existan productos certificados, las partidas de filmógenos irán acompañadas de su correspondiente documentación, el certificado de garantía del fabricante, firmado por una persona física, y un certificado, realizado por un laboratorio acreditado, donde figuren expresamente los siguientes datos, determinados según las Normas UNE, o en su defecto, las indicadas para cada caso:

- Densidad relativa a veinte grados Celsius (20 °C), según la Norma UNE 48014(2), a falta de una Norma UNE específica para estos productos.

- Viscosidad a cinco grados Celsius (5 °C) y a veinticinco grados Celsius (25 °C), según la Norma UNE 48076, a falta de una Norma UNE específica para estos productos.
- PH, con tolerancia de más menos dos décimas ( $\pm 0,2$ ), según la Norma INTA 160.433B a falta de una Norma UNE específica para estos productos.
- Fracción no-volátil en porcentaje (%), según la Norma UNE-EN ISO 3251, a falta de una Norma UNE específica para estos productos.
- Velocidad mínima de secado al tacto, en minutos, según la Norma UNE 48301, a falta de una Norma UNE específica para estos productos.
- Poder reflectante en porcentaje (%), según la Norma UNE 48060, a falta de una Norma UNE específica para estos productos.
- Coeficiente de eficacia en porcentaje (%), según la Norma MELC 12.135 a falta de una Norma UNE específica para estos productos.
- Período de eficacia en días, según la Norma MELC 12.135, a falta de una Norma UNE específica para estos productos.
- Toxicidad.
- Dotación óptima en gramos por metro cuadrado ( $\text{g/m}^2$ ), según la Norma UNE 48031, a falta de una Norma UNE específica para estos productos.

### 285.5.2. Instrucciones de uso

Las partidas de filmógenos irán acompañadas de sus instrucciones de uso, en las que entre otras cosas figurarán los tiempos de espera recomendados en función de las condiciones atmosféricas.

### 285.5.3. Envasado

El producto será expedido en envases adecuados para que no sufra ningún tipo de alteración, y deberá rechazarse si, en el momento de abrir el paquete el recipiente que lo contiene, presenta costras o sedimentaciones importantes.

El envase llevará una etiqueta identificativa conforme con las indicaciones recogidas en la Norma UNE 83275.

### 285.5.4. Capacidad de almacenamiento

El producto filmógeno de curado podrá ser almacenado, sin deterioro, durante seis (6) meses como mínimo. El producto no deberá sedimentar ni formar costras en el recipiente, y será capaz de adquirir una consistencia uniforme después de ser batido moreadamente o agitado con aire comprimido. El producto, a falta de una Norma UNE específica, cumplirá las prescripciones sobre conservación y estabilidad en el envase recogidas en la Norma UNE 48083.

### 285.5.5. Período de eficacia

A los efectos del presente Pliego, se considerará período de eficacia aquél durante el cual el coeficiente de eficacia, determinado según se indica en el apartado 285.5.1, se mantiene por encima del sesenta por ciento (60%).

El período de eficacia, determinado como se indica en el apartado 285.5.1, será igual o superior al período de curado. A su vez, el período de curado estará fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, de no ser así, se determinará de acuerdo con el artículo 74 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

### 285.6. Especificaciones de la unidad terminada

#### 285.6.1. Capacidad de retención de humedad

La retención de humedad del producto filmógeno se valorará mediante la obtención de los siguientes parámetros:

- Índice de protección: Es la cantidad de agua, en kilogramos por metro cuadrado ( $\text{kg/m}^2$ ), que el producto aplicado ha evitado que pierda el hormigón, en un determinado tiempo.
- Coeficiente de eficacia: Es el valor anterior expresado en tanto por ciento (%) respecto

a las pérdidas de agua del hormigón sin tratar con el producto.

Los parámetros anteriores se determinarán mediante ensayos según la Norma MELC 12.135, a falta de una Norma UNE específica para este producto, a setenta y dos horas (72 h).

El índice de protección deberá ser superior a dos kilogramos por metro cuadrado (2 kg/m<sup>2</sup>) y el coeficiente de eficacia superior al ochenta por ciento (80%).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará los valores requeridos del coeficiente de eficacia.

Para contraste de los ensayos, el Director de las Obras podrá exigir, cuando lo estime necesario, la realización de contraensayos de retención de humedad por infrarrojos, según la Norma MELC 12.134, a falta de una Norma UNE específica para este producto, a veinticuatro horas (24 h).

### 285.6.2. Capacidad reflectante

El producto filmógeno, ensayado según la Norma UNE 135 200(2), a falta de una Norma UNE específica para el producto, tendrá un poder reflectante de la luz no inferior al sesenta por ciento (60%) del dióxido de magnesio.

### 285.7. Recepción

Para efectuar la recepción del producto, las partidas de filmógenos deberán ir acompañadas a la documentación indicada en el apartado 285.5 cumpliéndose las condiciones en él recogidas.

De estimarse precisa alguna característica adicional, ésta se fijará en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

En cualquier caso, el Director de las Obras podrá exigir información, contra ensayos o ensayos suplementarios relativos a las propiedades del producto y a su comportamiento después de la aplicación.

Para efectuar la recepción de la unidad, deberán haberse verificado satisfactoriamente los requisitos recogidos en los partados 285.4 y 285.6.

### 285.8. Medición y abono

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forma parte.

### 285.9. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### Normas de referencia en el artículo 285

UNE 48014. Ensayos de materiales empleados en la fabricación de pinturas y barnices. Contenido en fenoles de los benzoles y benzinas.

UNE 48031. Espesor de película.

UNE 48060. Reflectancia direccional (luz día) 45 grados/0 grados.

UNE 48076. Pinturas y barnices. Medida de la viscosidad aparente o consistencia. Método Krebs-Storner.

UNE 48083. Pinturas y barnices. Conservación y estabilidad en el envase.

UNE 48170. Agua, sin combinar, contenida en las pinturas.

UNE 48301. Pinturas y barnices. Tiempos de secado al tacto y total.

UNE 83275. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Etiquetado.

UNE 135200. Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal: Marcas viales. Características y métodos de ensayo.

UNE-EN ISO 3251. Pinturas y barnices. Determinación de la materia no volátil de pinturas, barnices y ligantes para pinturas y barnices.

INTA 160.433B. Índice de acidez de revistamientos orgánicos.

MELC 12.134. Método de ensayo para la determinación de la eficacia en la retención de humedad, para los productos para curado del hormigón, mediante radiación infrarroja.

MELC 12.135. Método de ensayo para la determinación de la eficacia en la retención de humedad, para los productos para curado del hormigón, mediante cámara climática.

## 286. *Madera*

### 286.1. Condiciones generales

La madera para entibaciones, apeos, cimbras, andamios, demás medios auxiliares y carpintería de armar, deberá cumplir las condiciones siguientes:

- Proceder de troncos sanos apeados en sazón.
- Haber sido desecada al aire, protegida del sol y la lluvia, durante no menos de dos (2) días.
- No presentar signos de putrefacción, atro-naduras, carcomas o ataque de hongos.
- Estar exenta de grietas, lupias y verrugas, manchas, o cualquier otro defecto que perjudique su solidez y resistencia. En particular, contendrá el menor número posible de nudos, los cuales, en todo caso, tendrán un espesor inferior a la séptima parte (1/7) de la menor dimensión de la pieza.
- Tener sus fibras rectas y no reviradas o entrelazadas, y paralelas a la mayor dimensión de la pieza.

- Presentar anillos anuales de aproximada regularidad, sin excentricidad de corazón ni entrecorteza.
- Dar sonido claro por percusión.

### 286.2. Forma y dimensiones

La forma y dimensiones de la madera serán, en cada caso, las adecuadas para garantizar su resistencia y cubrir el posible riesgo de accidentes.

La madera de construcción escuadrada será madera de sierra, de aristas vivas y llenas.

### 286.3. Medición y abono

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forme parte.

# 287. *Poliestireno expandido para empleo en estructuras* (\*)

## 287.1. Condiciones generales

El poliestireno expandido es un material plástico, celular y suficientemente rígido, fabricado a partir del moldeado de pequeños elementos esféricos preexpandidos de poliestireno expandible, o uno de sus copolímeros, y cuya estructura celular será cerrada y rellena de aire.

Este material, tanto en forma mecanizada como moldeada, se utiliza para la realización de juntas y como elemento de aligeramiento en estructuras.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

## 287.2. Condiciones del suministro

Para juntas de estructuras, el poliestireno expandido se empleará en planchas, mientras que, para aligeramientos, se empleará en bloques.

Cada embalaje de producto deberá ir acompañado de una etiqueta o albarán en el que figuren al menos los datos siguientes:

- Nombre comercial, suministrador o fabricante.
- Medidas nominales: longitud, anchura y espesor.

- Clasificación según su reacción al fuego, de acuerdo con la Norma UNE 23727.
- Valor mínimo de la resistencia térmica, cuando proceda.

Además, el producto irá acompañado por un certificado de garantía del fabricante, firmado por una persona física.

## 287.3. Manipulación y almacenamiento

La maquinaria y equipos utilizados en la manipulación de los elementos del poliestireno expandido, garantizarán la integridad del producto.

Los elementos de poliestireno expandido no deberán deformarse ni romperse por el manejo ordinario a la intemperie, ni volverse quebradizos en tiempo frío, rechazándose los que aparezcan deteriorados.

Las condiciones de almacenamiento no deben comprometer, ni las posibilidades de puesta en obra, ni sus características de utilización. Los bloques o planchas de poliestireno expandido se acopiarán en condiciones adecuadas debiendo estar protegidos contra la acción del viento, del sol, de la lluvia y del fuego.

## 287.4. Dimensiones y tolerancia

Las dimensiones de los elementos de poliestireno expandido se ajustarán a las que figuren en los planos del Proyecto, admitiéndose las tolerancias siguientes:  $\pm 2$  mm en espesor,  $\pm 3$  mm en altura y  $\pm 6$  mm en longitud.

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 287. «Poliestireno expandido».

### 287.5. Recepción

No podrán utilizarse suministros de poliestireno expandido que no lleguen acompañados de un certificado de garantía del fabricante, firmado por una persona física, según lo indicado en el apartado 287.2 de este artículo.

No se procederá a la recepción del suministro hasta que se compruebe el cumplimiento de las tolerancias exigidas en el apartado 287.4 del presente artículo, así como el resultado favorable de los ensayos de control.

### 287.6. Medición y abono

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forme parte.

### 287.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en el presente artículo se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén esta-

blecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### Normas de referencia en el artículo 287

UNE 23727. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.

UNE 92110. Materiales aislantes térmicos utilizados en la edificación. Productos de poliestireno expandido (EPS). Especificaciones.



# 288. *Cloruro sódico*

## 288.1. Definición

Se define como cloruro sódico el producto comercial que satisface las condiciones que se señalan en el presente artículo.

## 288.2. Composición química

El producto tendrá la siguiente composición química:

— Cloruro sódico, mínimo..... 97%

## 288.3. Composición granulométrica

La curva granulométrica del cloruro sódico estará comprendida dentro de los siguientes límites:

Cedazos y tamices UNE	Cernido ponderal acumulado %
6,3	80-100
2,5	5-50
0,63	0-10

## 288.4. Envasado

El producto será expedido en envases adecuados para que no sufra alteración.

## 288.5. Medición y abono

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forme parte.

# 290. *Geotextiles* (\*)

## 290.1. Definiciones

### Geotextil

Material textil plano, permeable, polimérico (sintético o natural) que puede ser no tejido, tricotado o tejido, y que se emplea en ingeniería civil en contacto tanto con suelos como con otros materiales para aplicaciones geotécnicas.

### Geotextil no-tejido

Geotextil en forma de lámina plana, con fibras, filamentos u otros elementos orientados regular o aleatoriamente, unidos químicamente, mecánicamente o por medio de calor, o combinación de ellos. Pueden ser de fibra cortada o de filamento continuo. Dependiendo de la técnica empleada en la unión de sus filamentos, pueden ser:

- Ligados mecánicamente o agujeteados.
- Ligados térmicamente o termosoldados.
- Ligados químicamente.

### Geotextiles no tejidos, ligados mecánicamente (agujeteados)

La unión es mecánica, y en ella un gran número de agujas provistas de espigas atraviesan la estructura en un movimiento alterno rápido.

### Geotextiles no tejidos, ligados térmicamente

La unión entre los filamentos se consigue por calandrado (acción conjugada de calor y presión).

### Geotextiles no tejidos, ligados químicamente

La unión entre sus filamentos se consigue mediante una resina.

### Geotextil tricotado

Geotextil fabricado por el entrelazado de hilos, fibras, filamentos u otros elementos.

### Geotextil tejido

Geotextil fabricado al entrelazar, generalmente en ángulo recto, dos o más conjuntos de hilos, fibras, filamentos, cintas u otros elementos.

### Dirección de fabricación (dirección de la máquina)

Dirección paralela a la de fabricación de un geotextil (por ejemplo para geotextiles tejidos es la dirección de la urdimbre).

### Dirección perpendicular a la de fabricación

La dirección, en el plano del geotextil perpendicular a la dirección de fabricación (por ejemplo en geotextiles tejidos, es la dirección de la trama).

En lo que no quede aquí expuesto, relativo a vocabulario y definiciones, se estará a lo indica-

(\*) Artículo incorporado por la OC 326/2000 y posteriormente por la OM FOM 1382/2002, de 16 mayo.

do en UNE 40523 hasta que sea sustituida por la correspondiente norma europea UNE EN.

## 290.2. Características generales

### 290.2.1. Naturaleza del geotextil

#### 290.2.1.1. Masa por unidad de superficie

La masa por unidad de superficie se relaciona con la uniformidad del geotextil e indirectamente con el resto de las características del mismo. La masa por unidad de superficie se medirá según UNE EN 965.

#### 290.2.1.2. Espesor

El espesor del geotextil está condicionado por la presión aplicada sobre él. El espesor de los geotextiles se medirá según UNE EN 964-1.

#### 290.2.1.3. Durabilidad

Es la propiedad por la cual el geotextil mantiene sus características con el paso del tiempo y habrá de evaluarse en el caso de usar el geotextil en un ambiente que pueda considerarse agresivo física, química o bacteriológicamente.

La durabilidad de los geotextiles se evalúa como la reducción medida en tanto por ciento de los valores de las propiedades iniciales, una vez que el geotextil ha sido sometido, de acuerdo con UNE EN 12226, a la acción de los agentes físicos, químicos y bacteriológicos a los que previsiblemente vaya a estar sometido.

Salvo indicación en contra del Proyecto, las normas de aplicación serán: UNE EN 12224 para la resistencia a la intemperie; UNE ENV ISO 12960 para la resistencia a la degradación química en ambientes agresivos; UNE EN 12225 para la resistencia a agentes biológicos; UNE ENV 12447 para la resistencia a la hidrólisis y UNE ENV ISO 13438 para la resistencia a la oxidación, en tanto que esta norma provisional y experimental no sea sustituida por la correspondiente norma UNE EN.

### 290.2.2. Propiedades mecánicas

#### 290.2.2.1. Resistencia a la tracción

La resistencia a tracción (carga máxima) y el alargamiento (en el punto de carga máxima) de los geotextiles, se evaluará mediante el ensayo UNE EN ISO 10319.

#### 290.2.2.2. Resistencia al punzonamiento estático

Mide la resistencia de un geotextil bajo una carga estática, mediante un ensayo tipo CBR que se realizará según UNE EN ISO 12236.

#### 290.2.2.3. Resistencia a la perforación dinámica

Mide la resistencia de un geotextil a las cargas dinámicas, mediante un ensayo por caída de cono que se realizará según UNE EN 918.

#### 290.2.2.4. Ensayo de fluencia

Mide la deformación de un geotextil al aplicar una carga en tracción constante con el tiempo y se evaluará según UNE EN ISO 13431.

### 290.2.3. Propiedades hidráulicas

Para determinar las propiedades hidráulicas se evaluarán los siguientes parámetros:

- Permeabilidad normal al plano (permitividad sin carga), según UNE EN ISO 11058.
- Permeabilidad en el plano (transmisividad), según UNE EN ISO 12958.
- Diámetro eficaz de poros O90, según UNE EN ISO 12956.

## 290.3. Transporte y almacenamiento

Los geotextiles se suministrarán, normalmente, en bobinas o rollos. Éstos llevarán un emba-

laje opaco para evitar el deterioro por la luz solar, e irán debidamente identificados y etiquetados según UNE EN ISO 10320. De acuerdo con ésta, cada rollo o unidad vendrá marcado, al menos, con:

- Datos del fabricante y/o suministrador.
- Nombre del producto.
- Tipo del producto.
- Identificación del rollo o unidad.
- Masa bruta nominal del rollo o unidad, en kilogramos (kg).
- Dimensiones del rollo o unidad desempaquetado (del material no del paquete).
- Masa por unidad de superficie, en gramos por metro cuadrado ( $\text{g/m}^2$ ), según UNE EN 965.
- Principal(es) tipo(s) de polímero(s) empleado(s).

El nombre y el tipo del geotextil estarán estampados de manera visible e indeleble en el propio geotextil a intervalos de cinco metros (5 m), tal como indica la referida norma, para que éste pueda ser identificado una vez eliminado el embalaje opaco. Es recomendable que queden igualmente estampadas la partida de producción y la identificación del rollo o unidad. De cada rollo o unidad habrá de indicarse también la fecha de fabricación.

En el transporte, carga y descarga se comprobará que no se produzcan daños mecánicos en las capas exteriores de los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

El almacenamiento en obra se realizará en lugares lisos, secos, limpios y libres de objetos cortantes y punzantes. No se almacenará ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté adecuadamente identificado por resultar una fracción demasiado corta o haberse deteriorado el marcado original.

Para almacenamiento del material de duración mayor de quince días (15 d), se respetarán escrupulosamente las indicaciones del fabricante, especialmente en lo relativo a la protección frente a la acción directa de los rayos solares, mediante techado o mediante tapado con lonas ancladas o sujetas.

En el momento de la colocación, el Director de las Obras ordenará la eliminación de las capas más exteriores de los rollos, si éstas muestran síntomas de deterioro y, en el resto, podrá exigir los ensayos necesarios para asegurar su calidad. No se colocará ningún rollo o fracción que, en el

momento de su instalación, no resulte identificada por su marcado original.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

#### 290.4. Recepción y control de calidad

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

La garantía de calidad de los geotextiles empleados en la obra será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

El control de calidad incluye tanto las comprobaciones a la recepción de los elementos como la comprobación de los elementos acopiados y de la unidad terminada o instalada.

El Contratista, para su aprobación comunicará por escrito al Director de las Obras, antes de transcurridos treinta días (30 d) desde la fecha de firma del acta de comprobación del replanteo, la relación completa de las empresas suministradoras de los materiales a emplear, así como la marca comercial, o referencia, que dichas empresas dan a cada uno de estos materiales y las características técnicas de los mismos. En estas características técnicas habrán de figurar tanto los valores nominales como sus tolerancias.

Los productos sólo podrán ser aprobados si los valores exigidos por este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales y por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto quedan garantizados por dichos valores nominales corregidos por sus tolerancias. Una vez aprobados por el Director de las Obras, todos y cada uno de los valores nominales corregidos por sus tolerancias pasarán a ser valores exigibles y su incumplimiento puede dar lugar al rechazo de lotes o partidas sin perjuicio de las responsabilidades legales correspondientes.

La comunicación anterior deberá ir acompañada, en su caso, del certificado acreditativo del cumplimiento de los requisitos reglamentarios y/o del documento acreditativo de la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad al que se hace referencia en el apartado 290.6 de este artículo.

A la entrega de cada suministro se aportará un albarán con documentación anexa, conteniendo, entre otros, los siguientes datos: nombre y dirección de la empresa suministradora, fecha de suministro, identificación de la fábrica que ha producido el material, identificación del vehículo que lo transporta, cantidad que se suministra y designación de la marca comercial, certificado acreditativo del cumplimiento de los requisitos reglamentarios y/o documento acreditativo de la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad, si lo hubiese, de cada suministro.

Se comprobará la marca o referencia de los elementos acopiados, a fin de verificar que se corresponden con la clase y calidad comunicada previamente al Director de las Obras, según se ha especificado en este apartado.

Los criterios que se describen a continuación, para realizar el control de calidad de los acopios no serán de aplicación obligatoria en aquellos elementos a los que se aporta el documento acreditativo de la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras, de exigir la comprobación, en cualquier momento, de las características exigibles del material y de su instalación.

Al objeto de garantizar la trazabilidad de las obras, antes de iniciar la instalación de los materiales, se comprobará su calidad, según se especifica en este artículo, a partir de una muestra representativa de los elementos acopiados. La toma y preparación de muestras se realizará conforme a UNE EN 963.

El Director de las Obras además de disponer de la información de los ensayos anteriores podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad de los elementos que se encuentren acopiados.

Los acopios que hayan sido realizados y no cumplan alguna de las condiciones especificadas, en los artículos que le sean de aplicación, tanto de este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales como del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, serán rechazados. Podrán presentarse a una nueva inspección, exclusivamente cuando el suministrador, a través del Contratista, acredite que todos los defectos han sido corregidos. Las nuevas unidades,

en cualquier caso, serán sometidas de nuevo a los ensayos de control.

Las características técnicas que sean exigibles al geotextil según lo especificado en este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto y en todo caso las relativas a masa por unidad de superficie UNE EN 965, resistencia a tracción y alargamiento bajo carga máxima UNE EN ISO 10319, y perforación dinámica por caída de cono UNE EN 918 y cualquier otra que el Director de las Obras desee verificar serán comprobadas según el procedimiento que se describe a continuación.

Se definirá un lote de material que se aceptará o rechazará en bloque. El lote corresponderá a elementos de una misma partida, marca, clase y uso, y nunca estará compuesto por más de treinta (30) rollos ni por más de diez mil metros cuadrados (10.000 m<sup>2</sup>) de material.

Se elegirán al azar cinco (5) rollos o unidades sobre los que, escogidas y preparadas las muestras conforme a UNE EN 963, se harán los ensayos que correspondan a las características a comprobar. Para que el lote sea aceptado se habrán de cumplir simultáneamente las características siguientes:

- El valor medio obtenido es mejor que el exigido.
- Hay a lo sumo una muestra con valor peor que el exigido y, en todo caso, la desviación no supera el 5% del mismo.

En el caso de no cumplirse alguna, o las dos, de estas condiciones el lote completo será rechazado y devuelto.

El Director de las Obras podrá, en todo momento, exigir, por el procedimiento indicado, la comprobación de cualesquiera de las características técnicas del producto que le fueron comunicadas por el Contratista al inicio de la obra y aceptar o rechazar, consecuentemente, los lotes correspondientes. Se entiende, en este caso, que el valor exigido es el que corresponde al valor nominal del producto corregido de la tolerancia, según las características que el Contratista envió para su aprobación por el Director de las Obras.

En la recepción del producto se comprobará el peso bruto de cada rollo y podrá rechazarse todo aquel que tenga un peso bruto inferior al nominal del mismo. Se comprobará asimismo, por el procedimiento de lotes antes indicado, al menos, la masa por unidad de superficie UNE EN 965.

El Contratista facilitará al Director de las Obras, diariamente, un parte de ejecución de obra en el cual deberán figurar, al menos, los siguientes conceptos:

- Fecha de instalación.
- Localización de la obra.
- Clave de la obra.
- Número de elementos instalados, por tipo.
- Fecha de fabricación de los elementos instalados.
- Ubicación de los elementos instalados.
- Observaciones e incidencias que pudieran influir en las características y/o durabilidad de los elementos instalados.
- Cualquier otra información que el Director de las Obras haya solicitado.

Salvo que el geotextil vaya a ser cubierto el mismo día de la instalación se exigirá una resistencia a la tracción remanente, después de un ensayo de resistencia a la intemperie según UNE EN 12224, de al menos el sesenta por ciento (60%) de la nominal si el geotextil va a quedar cubierto antes de dos semanas, y superior al ochenta por ciento (80%) de la nominal si va a quedar cubierto después de quince (15 d) días y antes de cuatro (4) meses. En los casos en que la resistencia a largo plazo no sea importante, siempre a juicio del Director de las Obras, podrán aceptarse, para los valores antedichos una reducción adicional de un veinte por ciento (20%) de la nominal. No se aceptará ninguna aplicación del geotextil en que éste quede al descubierto por más de cuatro (4) meses.

El Director de las Obras podrá prohibir la instalación de geotextiles con periodos de tiempo entre su fabricación e instalación inferiores a seis (6) meses, cuando las condiciones de almacenamiento y conservación no hayan sido adecuadas. En cualquier caso no se instalarán geotextiles cuyo periodo de tiempo, comprendido entre su fabricación e instalación supere los seis (6) meses, independientemente de las condiciones de almacenamiento.

### 290.5. Medición y abono

Los geotextiles se medirán y abonarán por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de superficie recubierta, quedando incluidos en este precio los solapes necesarios y, en todo caso, los indicados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El precio por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) incluye todos los elementos necesarios para la colocación y puesta en obra del geotextil, así como su transporte a la obra, recepción y almacenamiento .

Se considerarán asimismo incluidas las uniones mecánicas por cosido, soldadura o fijación con grapas que sean necesarias para la correcta instalación del geotextil según determinen el Proyecto y el Director de las Obras.

### 290.6. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### Normas mencionadas en el artículo 290

UNE 40523 Textiles. Vocabulario de los geotextiles. UNE EN 918 Geotextiles y productos relacionados. Ensayo de perforación dinámica (ensayo por caída de un cono).

UNE EN 963 Geotextiles y productos relacionados. Toma de muestras y preparación de las probetas para ensayo.

UNE EN 964-1 Geotextiles y productos relacionados. Determinación del espesor a presiones especificadas. Parte 1: capas individuales.

UNE EN 965 Geotextiles y productos relacionados. Determinación de la masa por unidad de superficie.

UNE EN 12224 Geotextiles y productos relacionados. Determinación de la resistencia al envejecimiento a la intemperie.

UNE EN 12225 Geotextiles y productos relacionados. Método para determinar la resistencia microbiológica mediante un ensayo de enterramiento en el suelo.

UNE EN 12226 Geotextiles y productos relacionados. Ensayos generales para la evaluación después del ensayo de durabilidad.

UNE EN ISO 10319 Geotextiles. Ensayo de tracción para probetas anchas.

UNE EN ISO 10320 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Identificación «in situ».

UNE EN ISO 11058 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Determinación de las características de permeabilidad al agua perpendicularmente al plano sin carga.

UNE EN ISO 12236 Geotextiles y productos

relacionados con geotextiles. Ensayo de punzonado estático (ensayo CBR).

UNE EN ISO 12956 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Determinación de la medida de abertura característica.

UNE EN ISO 12958 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Determinación de la capacidad de flujo en su plano.

UNE EN ISO 13431 Geotextiles y productos relacionados. Determinación del comportamiento a la fluencia en tracción y a la rotura a la fluencia en tracción.

UNE ENV 12447 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Método para la determinación de la resistencia a la hidrólisis.

UNE ENV ISO12960 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Método de ensayo para determinar la resistencia a los líquidos.

UNE ENV ISO 13438 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Método de ensayo de protección para la determinación de la resistencia a la oxidación.

---

*EXPLANACIONES*

*Parte*  
**3**



## 300. *Desbroce del terreno* (\*)

### 300.1. Definición

Consiste en extraer y retirar de las zonas designadas todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable según el Proyecto o a juicio del Director de las Obras.

La ejecución de esta operación incluye las operaciones siguientes:

- Remoción de los materiales objeto de desbroce.
- Retirado y extendido de los mismos en su emplazamiento definitivo.

La tierra vegetal deberá ser siempre retirada, excepto cuando vaya a ser mantenida según lo indicado en el Proyecto o por el Director de las Obras.

### 300.2. Ejecución de las obras

#### 300.2.1. *Remoción de los materiales de desbroce*

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Debe retirarse la tierra vegetal de las superficies de terreno afectadas por excavaciones o terraplenes, según las profundidades definidas en el Proyecto y verificadas o definidas durante la obra.

En zonas muy blandas o pantanosas la retirada de la capa de tierra vegetal puede ser inadecuada, por poder constituir una costra más resistente y menos deformable que el terreno subyacente. En estos casos y en todos aquellos en que, según el Proyecto o el Director de las Obras, el mantenimiento de dicha capa sea beneficioso, ésta no se retirará.

Las operaciones de remoción se efectuarán con las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad suficientes y evitar daños en las construcciones próximas existentes.

El Contratista deberá disponer las medidas de protección adecuadas para evitar que la vegetación, objetos y servicios considerados como permanentes, resulten dañados. Cuando dichos elementos resulten dañados por el Contratista, éste deberá reemplazarlos, con la aprobación del Director de las Obras, sin costo para la Propiedad.

Todos los tocones o raíces mayores de diez centímetros (10 cm) de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a cincuenta centímetros (50 cm), por debajo de la rasante de la explanación.

Fuera de la explanación los tocones de la vegetación que a juicio del Director de las Obras sea necesario retirar, en función de las necesidades impuestas por la seguridad de la circulación y de la incidencia del posterior desarrollo radicular, podrán dejarse cortados a ras de suelo.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material análogo al suelo que ha quedado al descubierto al hacer el desbroce, y se compactarán conforme a lo indicado en este Pliego hasta que la superficie se ajuste a la del terreno existente.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

Todos los pozos y agujeros que queden dentro de la explanación se rellenarán conforme a las instrucciones del Director de las Obras.

Los árboles susceptibles de aprovechamiento serán podados y limpiados, luego se cortarán en trozos adecuados y, finalmente, se almacenarán cuidadosamente, a disposición de la Administración y separados de los montones que hayan de ser quemados o desechados. Salvo indicación en contra del Director de las Obras, la madera no se troceará a longitud inferior a tres metros (3 m).

Los trabajos se realizarán de forma que no se produzcan molestias a los ocupantes de las zonas próximas a la obra.

### **300.2.2. Retirada y disposición de los materiales objeto de desbroce**

Todos los productos o subproductos forestales, no susceptibles de aprovechamiento, serán eliminados de acuerdo con lo que, sobre el particular, establezca el Proyecto u ordene el Director de las Obras. En principio estos elementos serán quemados, cuando esta operación esté permitida y sea aceptada por el Director de las Obras. El Contratista deberá disponer personal especializado para evitar los daños tanto a la vegetación como a bienes próximos. Al finalizar cada fase, el fuego debe quedar completamente apagado.

Los restantes materiales serán utilizados por el Contratista, en la forma y en los lugares que señale el Director de las Obras.

La tierra vegetal procedente del desbroce debe ser dispuesta en su emplazamiento definitivo en el menor intervalo de tiempo posible. En caso de que no sea posible utilizarla directamente, debe guardarse en montones de altura no superior a dos metros (2 m). Debe evitarse que sea

sometida al paso de vehículos o a sobrecargas, ni antes de su remoción ni durante su almacenamiento, y los traslados entre puntos deben reducirse al mínimo.

Si se proyecta enterrar los materiales procedentes del desbroce, estos deben extenderse en capas dispuestas de forma que se reduzca al máximo la formación de huecos. Cada capa debe cubrirse o mezclarse con suelo para rellenar los posibles huecos, y sobre la capa superior deben extenderse al menos treinta centímetros (30 cm) de suelo compactado adecuadamente. Estos materiales no se extenderán en zonas donde se prevean afluencias apreciables de agua.

Si el vertido se efectúa fuera de la zona afectada por el Proyecto, el Contratista deberá conseguir, por sus medios, emplazamientos adecuados para este fin, no visibles desde la calzada, que deberán ser aprobados por el Director de las Obras, y deberá asimismo proporcionar al Director de las Obras copias de los contratos con los propietarios de los terrenos afectados.

### **300.3. Medición y abono**

El desbroce del terreno se abonará de acuerdo con lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si en dicho Pliego no se hace referencia al abono de esta unidad, se entenderá comprendida en las de excavación.

En esta unidad de obra se considera incluida la obtención de los permisos necesarios para el vertido del material procedente del desbroce.

Las medidas de protección de la vegetación y bienes y servicios considerados como permanentes, no serán objeto de abono independiente. Tampoco, se abonará el desbroce de las zonas de préstamo.

# 301. Demoliciones (\*)

## 301.1. Definición

Consiste en el derribo de todas las construcciones o elementos constructivos, tales como aceras, firmes, edificios, fábricas de hormigón u otros, que sea necesario eliminar para la adecuada ejecución de la obra.

Incluye las siguientes operaciones:

- Trabajos de preparación y de protección.
- Derribo, fragmentación o desmontaje de construcciones.
- Retirada de los materiales.

## 301.2. Clasificación

Según el procedimiento de ejecución, las demoliciones pueden clasificarse del modo siguiente:

- Demolición con máquina excavadora.
- Demolición por fragmentación mecánica.
- Demolición con explosivos.
- Demolición por impacto de bola de gran masa.
- Desmontaje elemento a elemento.
- Demolición mixta.
- Demolición por otras técnicas.

## 301.3. Estudio de la demolición

Previamente a los trabajos de demolición se elaborará un estudio de demolición, que deberá

ser sometido a la aprobación del Director de las Obras, siendo el Contratista responsable del contenido de dicho estudio y de su correcta ejecución.

En el estudio de demolición deberán definirse como mínimo:

- Métodos de demolición y etapas de su aplicación.
- Estabilidad de las construcciones remanentes en cada etapa, así como los apeos y cimbras necesarios.
- Estabilidad y protección de construcciones remanentes que no vayan a ser demolidas.
- Protección de las construcciones e instalaciones del entorno.
- Mantenimiento o sustitución provisional de servicios afectados por la demolición.
- Medios de evacuación y definición de zonas de vertido de los productos de la demolición.
- Cronogramas de trabajos.
- Pautas de control.
- Medidas de seguridad y salud.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

## 301.4. Ejecución de las obras

### 301.4.1. Derribo de construcciones

El Contratista será responsable de la adopción de todas las medidas de seguridad y del cumplimiento de las disposiciones vigentes al efectuar

(\*) Artículo modificado por la OM FOM/1382/2002.

las operaciones de derribo, así como de evitar que se produzcan daños, molestias o perjuicios a las construcciones, bienes o personas próximas y del entorno, sin perjuicio de su obligación de cumplir las instrucciones que eventualmente dicte el Director de las Obras.

Antes de iniciar la demolición se neutralizarán las acometidas de las instalaciones, de acuerdo con las entidades administradoras o propietarias de las mismas. Se deberá prestar especial atención a conducciones eléctricas y de gas enterradas.

El empleo de explosivos estará condicionado a la obtención del permiso de la autoridad competente con jurisdicción en la zona de la obra, cuya obtención será de cuenta y responsabilidad del Contratista.

La profundidad de demolición de los cimientos, será, como mínimo, de cincuenta centímetros (50 cm) por debajo de la cota más baja del relleno o desmonte, salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras.

En el caso particular de existir conducciones o servicios enterrados fuera de uso deberán ser excavados y eliminados hasta una profundidad no inferior a metro y medio (1,5 m) bajo el terreno natural o nivel final de excavación, cubriendo una banda de al menos metro y medio (1,5 m) alrededor de la obra, salvo especificación en contra del Proyecto o del Director de las Obras. Los extremos abiertos de dichas conducciones deberán ser sellados debidamente.

La demolición con máquina excavadora, únicamente será admisible en construcciones, o parte de ellas, de altura inferior al alcance de la cuchara.

Se prohíbe el derribo por empuje de edificaciones de altura superior a tres metros y medio (3,5 m).

En la demolición de edificios elemento a elemento será de aplicación la Norma Tecnológica de Edificación correspondiente a demoliciones (NTE-ADD).

En situaciones de demolición que aconsejaran el uso de explosivos y no fuesen éstos admisibles por su impacto ambiental, deberá recurrirse a técnicas alternativas tales como fracturación hidráulica o cemento expansivo.

Al finalizar la jornada de trabajo no deberán quedar elementos de la obra en estado inestable o peligroso.

#### 301.4.2. Retirada de los materiales de derribo

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras

establecerán el posterior empleo de los materiales procedentes de las demoliciones.

Los materiales de derribo que hayan de ser utilizados en la obra se limpiarán, acopiarán y transportarán en la forma y a los lugares que señale el Director de las Obras.

Los materiales no utilizables se llevarán a vertedero aceptado por el Director de las Obras, siendo responsabilidad del Contratista la obtención de las autorizaciones pertinentes, debiendo presentar al Director de las Obras copia de los correspondientes contratos.

Dentro de los límites de expropiación no se podrán hacer vertidos no contemplados en el Proyecto, salvo especificación del Director de las Obras.

En caso de eliminación de materiales mediante incinerado, deberán adoptarse las medidas de control necesarias para evitar cualquier posible afectación al entorno, dentro del marco de la normativa legal vigente.

### 301.5. Medición y abono

Las demoliciones se abonarán por metros cúbicos (m<sup>3</sup>). En el caso de edificaciones se considerará el volumen exterior demolido, hueco y macizo, realmente ejecutado en obra. En el caso de demolición de macizos se medirán por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de comenzar la demolición, y los datos finales, tomados inmediatamente después de finalizar la misma.

Las demoliciones de firmes, aceras e isletas no contempladas explícitamente en el Proyecto se considerarán incluidas en la unidad de excavación, no dando por tanto lugar a medición o abono por separado.

Se considera incluido en el precio, en todos los casos, la retirada de los productos resultantes de la demolición y su transporte a lugar de empleo, acopio o vertedero, según ordene el Director de las Obras.

Si en el Proyecto no se hace referencia a la unidad de demoliciones, se entenderá que está comprendida en las de excavación, y por tanto, no habrá lugar a su medición ni abono por separado.

#### Normas de referencia en el artículo 301

NTE-ADD Norma Tecnológica de Edificación Demoliciones.

## 302. *Escarificación y compactación* (\*)

### 302.1. Definición

Consiste, en la disgregación de la superficie del terreno y su posterior compactación a efectos de homogeneizar la superficie de apoyo, confiéndole las características prefijadas de acuerdo con su situación en la obra.

### 302.2. Ejecución de las obras

La operación se llevará a cabo de forma que sea mínimo el tiempo que medie entre el desbroce, o en su caso excavación, y el comienzo de éstas.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

#### 302.2.1. Escarificación

La escarificación se llevará a cabo en las zonas y con las profundidades que estipulen el Proyecto o el Director de las Obras, no debiendo en ningún caso afectar esta operación a una profundidad menor de quince centímetros (15 cm), ni mayor de treinta centímetros (30 cm). En este último caso sería preceptiva la retirada del material y su posterior colocación por tongadas siendo aplicable el articulado correspondiente a movimiento de tierras.

Deberán señalarse y tratarse específicamente

aquellas zonas en que la operación pueda interferir con obras subyacentes de drenaje o refuerzo del terreno.

#### 302.2.2. Compactación

La compactación de los materiales escarificados se realizará con arreglo a lo especificado en el artículo 330, «Terraplenes» de este Pliego. La densidad será igual a la exigible en la zona de obra de que se trate.

Deberán señalarse y tratarse específicamente las zonas que correspondan a la parte superior de obras subyacentes de drenaje o refuerzo del terreno adoptándose además las medidas de protección, frente a la posible contaminación del material granular por las tierras de cimiento de terraplén, que prevea el Proyecto o, en su defecto, señale el Director de las Obras.

### 302.3. Medición y abono

La escarificación, y su correspondiente compactación, no serán objeto de abono independiente, considerándose incluidas en la ejecución de la capa inmediata superior de la obra, salvo especificación en contra del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En este último caso se abonará por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados, medidos sobre el terreno. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá definir varios precios en caso de preverse zonas con tratamientos diferentes.

(\*) Artículo modificado por la OM 1382/2002.

## 303. *Escarificación y compactación del firme existente* (\*)

### 303.1. Definición

Consiste en la disgregación del firme existente, efectuada por medios mecánicos, eventual retirada o adición de materiales y posterior compactación de la capa así obtenida.

No se considerarán incluidos en esta unidad las operaciones de demolición del firme existente y posterior retirada de los materiales que lo constituyen.

### 303.2. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

#### 303.2.1. Escarificación

La escarificación se llevará a cabo en las zonas y con la profundidad que se estipule en el Proyecto o que, en su defecto, señale el Director de las Obras.

Los equipos de maquinaria para la escarificación deberán ser propuestos por el Contratista y aprobados por el Director de las Obras.

#### 303.2.2. Retirada de productos

Los productos removidos no aprovechables se transportarán a vertedero. Las áreas de vertedero

de estos materiales serán las definidas en el Proyecto o, en su defecto, las autorizadas por el Director de las Obras, a propuesta del Contratista, quien se responsabilizará de los mismos y deberá obtener, a su cargo y costa, los oportunos contratos y permisos, de los cuales deberá entregar copia al Director de las Obras.

#### 303.2.3. Adición de nuevos materiales y compactación

El material de regularización de la zona escarificada tendrá las mismas características que la capa inmediata del nuevo firme.

Serán de aplicación las prescripciones relativas a la unidad de obra correspondiente contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Los equipos de compactación y el grado de compactación serán los adecuados al material escarificado.

### 303.3. Medición y abono

Salvo que figure expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, la escarificación y compactación del firme existente no se abonará, considerándose incluida en la unidad correspondiente de firme o explanación.

En el caso de que la unidad «Escarificación y compactación del firme existente» figure expresamente en el Cuadro de Precios, ésta deberá abonarse por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados, medidos sobre el terreno.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

## 304. Prueba con supercompactador (\*)

### 304.1. Definición

Se define como prueba con supercompactador al paso de una máquina compactadora de gran peso (supercompactador), el número de veces que se especifique, sobre la superficie a comprobar, buscando la localización de áreas inestables y la compactación adicional de las capas situadas bajo aquéllas.

### 304.2. Equipo necesario para la ejecución de las obras

El supercompactador se compondrá de una estructura rígida de acero, montada sobre neumáticos, que pueda cargar una masa bruta de más de cincuenta toneladas (50 t), y cuyo sistema de suspensión permita que cada neumático soporte aproximadamente la misma carga, aún cuando actúen sobre superficies irregulares.

Los neumáticos deberán ser aptos para trabajar con presiones de inflado de hasta un megapascal (1 MPa) y se llenarán parcialmente de líquido para reducir el peligro de eventuales reventones.

### 304.3. Ejecución de las obras

De acuerdo con lo que sobre el particular ordene el Director de las Obras, se ajustará la carga del supercompactador y la presión de inflado de sus neumáticos con objeto de obtener la presión de contacto deseada.

El supercompactador deberá manejarse de forma sistemática, de manera que sea fácilmente

controlable el número de coberturas o pases previamente definido a la velocidad que se señale, la cual, en principio, estará comprendida entre cuatro kilómetros por hora (4 km/h) y ocho kilómetros por hora (8 km/h).

Cuando el paso del supercompactador señale la presencia de zonas inestables, deberá corregirse la falta de estabilidad mediante una compactación adicional.

Esta compactación deberá ir precedida, salvo especificación en contra del Director de las Obras, de la escarificación de la última tongada y de la eventual remoción y sustitución de los materiales no aptos. La superficie reparada deberá volver a comprobarse, corrigiendo las irregularidades que se presenten hasta alcanzar las tolerancias establecidas.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 304.4. Medición y abono

Las pruebas con supercompactador, previstas en el Proyecto, se abonarán por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados, medidos en el terreno, cualquiera que sea el número de pasadas efectuadas.

Cuando las pruebas con el supercompactador se realicen a requerimiento del Director de las Obras, por sospechas de una deficiente compactación, corroborada por las pruebas, éstas no serán de abono.

Las obras de fábrica dañadas durante las pruebas con supercompactadores se reconstruirán a expensas del Contratista.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.



## 320. *Excavación de la explanación y préstamos* (\*)

### 320.1. Definición

Consiste en el conjunto de operaciones para excavar y nivelar las zonas donde ha de asentarse la carretera, incluyendo la plataforma, taludes y cunetas, así como las zonas de préstamos, previstos o autorizados, y el consiguiente transporte de los productos removidos al depósito o lugar de empleo.

Se incluyen en esta unidad la ampliación de las trincheras, la mejora de taludes en los desmontes, y la excavación adicional en suelos inadecuados, ordenadas por el Director de las Obras.

Se denominan «préstamos previstos» aquellos que proceden de las excavaciones de préstamos indicados en el Proyecto o dispuestos por la Administración, en los que el Contratista queda exento de la obligación y responsabilidad de obtener la autorización legal, contratos y permisos, para tales excavaciones. Se denominan «préstamos autorizados» aquellos que proceden de las excavaciones de préstamos seleccionados por el Contratista y autorizados por el Director de las Obras, siendo responsabilidad del Contratista la obtención de la autorización legal, contratos y permisos, para tales excavaciones.

### 320.2. Clasificación de las excavaciones

En el Proyecto se indicará, explícitamente, si la excavación ha de ser «clasificada» o «no clasificada».

En el caso de excavación clasificada, se considerarán los tipos siguientes:

- *Excavación en roca:* Comprenderá, a efectos de este Pliego y en consecuencia, a efectos de medición y abono, la correspondiente a todas las masas de roca, depósitos estratificados y aquellos materiales que presenten características de roca masiva o que se encuentren cementados tan sólidamente que hayan de ser excavados utilizando explosivos. Este carácter estará definido por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto en función de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en el terreno, o bien por otros procedimientos contrastables durante la ejecución de la obra, o en su defecto por el Director de las Obras.
- *Excavación en terreno de tránsito:* Comprenderá la correspondiente a los materiales formados por rocas descompuestas, tierras muy compactas, y todos aquellos en que no siendo necesario, para su excavación, el empleo de explosivos sea precisa la utilización de escarificadores profundos y pesados. La calificación de terreno de tránsito estará definida por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, en función de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en el terreno, o bien por otros procedimientos contrastables durante la ejecución de la obra, o en su defecto, por el Director de las Obras.
- *Excavación en tierra:* Comprenderá la correspondiente a todos los materiales no incluidos en los apartados anteriores.

Si se utiliza el sistema de «excavación clasificada», el Contratista determinará durante la ejecución, y notificará por escrito, para su aproba-

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.



ción, al Director de las Obras, las unidades que corresponden a excavaciones en roca, excavación en terreno de tránsito y excavación en tierra, teniendo en cuenta para ello las definiciones anteriores, y los criterios definidos por el Director de las Obras.

### 320.3. Ejecución de las obras

#### 320.3.1. Generalidades

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en el Proyecto, y a lo que sobre el particular ordene el Director de las Obras. El Contratista deberá comunicar con suficiente antelación al Director de las Obras el comienzo de cualquier excavación, y el sistema de ejecución previsto, para obtener la aprobación del mismo.

A este efecto no se deberá acudir al uso de sistemas de excavación que no correspondan a los incluidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares sobre todo si la variación pretendida pudiera dañar excesivamente el terreno.

Durante la ejecución de los trabajos se tomarán, en cualquier caso, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno no excavado. En especial, se atenderá a las características tectónico-estructurales del entorno y a las alteraciones de su drenaje y se adoptarán las medidas necesarias para evitar los siguientes fenómenos: Inestabilidad de taludes en roca o de bloques de la misma, debida a voladuras inadecuadas, deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación, encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras, taludes provisionales excesivos, etc.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

#### 320.3.2. Drenaje

Durante las diversas etapas de la construcción de la explanación, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje y las cunetas, bordillos, y demás elementos de desagüe, se dis-

pondrán de modo que no se produzca erosión en los taludes.

#### 320.3.3. Tierra vegetal

La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, y que no se hubiera extraído en el desbroce, se removerá de acuerdo con lo que, al respecto, se señale en el Proyecto y con lo que especifique el Director de las Obras, en concreto, en cuanto a la extensión y profundidad que debe ser retirada. Se acopiará para su utilización posterior en protección de taludes o superficies erosionables, o donde ordene el Director de las Obras o indique el Proyecto.

La tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados. La retirada, acopio y disposición de la tierra vegetal se realizará cumpliendo las prescripciones del apartado 300.2.2 de este Pliego, y el lugar de acopio deberá ser aprobado por el Director de las Obras.

#### 320.3.4. Empleo de los productos de excavación

Siempre que sea posible, los materiales que se obtengan de la excavación se utilizarán en la formación de rellenos y demás usos fijados en el Proyecto, y se transportarán directamente a las zonas previstas en el mismo, en su defecto, se estará a lo que, al respecto, disponga el Director de las Obras.

En el caso de excavación por voladura en roca, el procedimiento de ejecución, deberá proporcionar un material adecuado al destino definitivo del mismo, no siendo de abono las operaciones de ajuste de la granulometría del material resultante, salvo que dichas operaciones se encuentren incluidas en otra unidad de obra.

No se desechará ningún material excavado sin la previa autorización del Director de las Obras.

Los fragmentos de roca y bolos de piedra que se obtengan de la excavación y que no vayan a ser utilizados directamente en las obras se acopiarán y emplearán, si procede, en la protección de taludes, canalizaciones de agua, defensas contra la posible erosión, o en cualquier otro uso que señale el Director de las Obras.

Las rocas o bolos de piedra que aparezcan en la explanada, en zonas de desmonte en tierra,

deberán eliminarse, a menos que el Contratista prefiera triturarlos al tamaño que se le ordene.

El material extraído en exceso podrá utilizarse en la ampliación de terraplenes, si así está definido en el Proyecto o lo autoriza el Director de las Obras, debiéndose cumplir las mismas condiciones de acabado superficial que el relleno sin ampliar.

Los materiales excavados no aprovechables se transportarán a vertedero autorizado, sin que ello dé derecho a abono independiente. Las áreas de vertedero de estos materiales serán las definidas en el Proyecto o, en su defecto, las autorizadas por el Director de las Obras a propuesta del Contratista, quien deberá obtener a su costa los oportunos permisos y facilitar copia de los mismos al Director de las Obras.

### 320.3.5. Excavación en roca

Las excavaciones en roca se ejecutarán de forma que no se dañe, quebrante o desprenda la roca no excavada. Se pondrá especial cuidado en evitar dañar los taludes del desmonte y la cimentación de la futura explanada de la carretera. Cuando los taludes excavados tengan zonas inestables o la cimentación de la futura explanada presente cavidades, el Contratista adoptará las medidas de corrección necesarias, con la aprobación del Director de las Obras.

Se cuidará especialmente la subrasante que se establezca en los desmontes en roca debiendo ésta presentar una superficie que permita un perfecto drenaje sin encharcamientos, y en los casos en que por efecto de la voladura se generen zonas sin desagüe se deberán eliminar éstas mediante la aplicación de hormigón de saneo que genere la superficie de la subrasante de acuerdo con los planos establecidos para las mismas y con las tolerancias previstas en el Proyecto, no siendo estas operaciones de abono.

Cuando se prevea el empleo de los productos de la excavación en roca, en la formación de pedraplenes, se seguirán además las prescripciones del artículo 331, «Pedraplenes», de este Pliego.

Cuando interese de manera especial que las superficies de los taludes excavados presenten una buena terminación y se requiera, por tanto, realizar las operaciones precisas para tal fin, se seguirán las prescripciones del artículo 322, «Excavación especial de taludes en roca» de este Pliego.

El Director de las Obras podrá prohibir la utilización de métodos de voladura que considere

peligrosos o dañinos, aunque la autorización no exime al Contratista de la responsabilidad por los daños ocasionados como consecuencia de tales trabajos.

### 320.3.6. Préstamos y caballeros

Si se hubiese previsto o se estimase necesaria, durante la ejecución de las obras, la utilización de préstamos, el Contratista comunicará al Director de las Obras, con suficiente antelación, la apertura de los citados préstamos, a fin de que se pueda medir su volumen y dimensiones sobre el terreno natural noalterado y, en el caso de préstamos autorizados, realizar los oportunos ensayos para su aprobación, si procede.

No se tomarán préstamos en la zona de apoyo de la obra, ni se sustituirán los terrenos de apoyo de la obra por materiales admisibles de peores características o que empeoren la capacidad portante de la superficie de apoyo.

Se tomarán perfiles, con cotas y mediciones, de la superficie de la zona de préstamo después del desbroce y, asimismo, después de la excavación.

El Contratista no excavará más allá de las dimensiones y cotas establecidas.

Los préstamos deberán excavararse disponiendo las oportunas medidas de drenaje que impidan que se pueda acumular agua en ellos. El material inadecuado se depositará de acuerdo con lo que el Director de las Obras ordene al respecto.

Los taludes de los préstamos deberán ser estables, y una vez terminada su explotación, se acondicionarán de forma que no dañen el aspecto general del paisaje. No deberán ser visibles desde la carretera terminada, ni desde cualquier otro punto con especial impacto paisajístico negativo, debiéndose cumplir la normativa existente respecto a su posible impacto ambiental.

Los caballeros, o depósitos de tierra, que se formen deberán tener forma regular, superficies lisas que favorezcan la escorrentía de las aguas y un grado de estabilidad que evite cualquier derrumbamiento. Deberán situarse en los lugares que, al efecto, señale el Director de las Obras, se cuidará de evitar sus arrastres hacia la carretera o las obras de desagüe, y de que no se obstaculice la circulación por los caminos que haya establecidos, ni el curso de los ríos, arroyos o acequias que haya en las inmediaciones de la carretera.

El material vertido en caballeros no se podrá colocar de forma que represente un peligro para construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga sobre el terreno contiguo.

Cuando tras la excavación de la explanación aparezca suelo inadecuado en los taludes o en la explanada, el Director de las Obras podrá requerir del Contratista que retire esos materiales y los sustituya por material de relleno apropiado. Antes y después de la excavación y de la colocación de este relleno se tomarán perfiles transversales.

### 320.3.7. Taludes

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la decompresión prematura o excesiva de su pie e impedir cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final. En el caso que la excavación del talud sea definitiva y se realice mediante perforación y voladura de roca, se cumplirá lo dispuesto en el artículo 322, «Excavación especial de taludes en roca» de este Pliego.

Las zanjas que, de acuerdo con el Proyecto, deban ser ejecutadas en el pie del talud, se excavarán de forma que el terreno afectado no pierda resistencia debido a la deformación de las paredes de la zanja o a un drenaje defectuoso de ésta. La zanja se mantendrá abierta el tiempo mínimo indispensable, y el material de relleno se compactará cuidadosamente. Asimismo se tendrá especial cuidado en limitar la longitud de la zanja abierta al mismo tiempo, a efectos de disminuir los efectos antes citados.

Cuando sea preciso adoptar medidas especiales para la protección superficial del talud, tales como bulones, gunitado, plantaciones superficiales, revestimiento, cunetas de guarda, etc., dichos trabajos deberán realizarse tan pronto como la excavación del talud lo permita.

Se procurará dar un aspecto a las superficies finales de los taludes, tanto si se recubren con tierra vegetal como si no, que armonice en lo posible con el paisaje natural existente. En el caso de emplear gunita, se le añadirán colorantes a efectos de que su acabado armonice con el terreno circundante.

La transición de desmonte a terraplén se realizará de forma gradual, ajustando y suavizando las pendientes, y adoptándose las medidas de drenaje necesarias para evitar aporte de agua a la base del terraplén.

En el caso de que los taludes presenten desperfectos antes de la recepción de las obras, el Contratista eliminará los materiales desprendidos o movidos y realizará urgentemente las reparaciones complementarias ordenadas por el Director de las Obras. Si dichos desperfectos son imputables a ejecución inadecuada o a incumplimiento de las instrucciones del Director de las Obras, el Contratista será responsable de los daños y sobrecostes ocasionados.

### 320.3.8. Contactos entre desmontes y terraplenes

Se cuidarán especialmente estas zonas de contacto en las que la excavación se ampliará hasta que la coronación del terraplén penetre en ella en toda su sección, no admitiéndose secciones en las que el apoyo de la coronación del terraplén y el fondo de excavación estén en planos distintos.

En estos contactos se estudiarán especialmente en el Proyecto el drenaje de estas zonas y se contemplarán las medidas necesarias para evitar su inundación o saturación de agua.

### 320.3.9. Tolerancia geométrica de terminación de las obras

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se definirán las tolerancias del acabado o, en su defecto, serán definidos por el Director de las Obras. Con la precisión que se considere admisible en función de los medios previstos para la ejecución de las obras y en base a los mismos serán fijados al menos las siguientes tolerancias:

- Tolerancia máxima admisible, expresada en centímetros (cm), entre los planos o superficies de los taludes previstos en el Proyecto y los realmente construidos, quedando fijada la zona en la que el talud sería admisible y en la que sería rechazado debiendo volver el Contratista a reperfilear el mismo.
- Tolerancia máxima admisible, expresada en centímetros (cm), en la desviación sobre los planos o superficies de la explanación entre los previstos en el Proyecto y los realmente construidos, quedando definida la

zona en la que la superficie de la explanación sería admisible y en la que sería rechazada debiendo el Contratista proceder a su rectificación de acuerdo con lo que para ello ordene el Director de las Obras.

- Tolerancia máxima admisible en pendientes y fondos de cunetas, así como de su situación en planta, expresada en centímetros (cm), sobre los planos previstos en el Proyecto y los realmente construidos, quedando definida la obra admisible y la que sería rechazada debiendo el Contratista proceder a su rectificación de acuerdo con lo que para ello ordene el Director de las Obras.
- Tolerancia máxima admisible en pendientes y fondos de cunetas, así como de su situación en planta, expresada en centímetros y los realmente construidos, quedando definida la obra admisible y la que sería rechazada debiendo el Contratista proceder a su rectificación de acuerdo con lo que para ello ordene el Director de la obra.
- Tolerancia máxima en drenajes, tanto en cuanto a pendiente y fondos de los mismos como en planta, expresada en centímetros (cm), sobre los planos previstos en el Proyecto y lo realmente construido, quedando definida la obra admisible y la que sería rechazada debiendo el Contratista proceder a su rectificación de acuerdo con lo que para ello ordene el Director de las Obras.

Todo tipo de operaciones de rectificación por incumplimiento de tolerancias no será de abono al Contratista corriendo todas estas operaciones de su cuenta.

### 320.4. Medición y abono

En el caso de explanaciones, la excavación se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) medidos sobre planos de perfiles transversales, una vez comprobado que dichos perfiles son correctos.

En el precio se incluyen los procesos de formación de los posibles caballeros, el pago de cánones de ocupación, y todas las operaciones necesarias y costos asociados para la completa ejecución de la unidad.

Los préstamos no se medirán en origen, ya que su ubicación se deducirá de los correspondientes perfiles de terraplén, si es que existe precio independiente en el Cuadro de Precios número 1 del Proyecto para este concepto. De no ser así, esta excavación se considerará incluida dentro de la unidad de terraplén.

Las medidas especiales para la protección superficial del talud se medirán y abonarán siguiendo el criterio establecido en el Proyecto para las unidades respectivas.

No serán de abono los excesos de excavación sobre las secciones definidas en el Proyecto, o las ordenes escritas del Director de las Obras, ni los rellenos compactados que fueran precisos para reconstruir la sección ordenada o proyectada.

El Director de las Obras podrá obligar al Contratista a rellenar las sobreexcavaciones realizadas, con las especificaciones que aquél estime oportunas, no siendo esta operación de abono.

Todas las excavaciones se medirán una vez realizadas y antes de que sobre ellas se efectúe ningún tipo de relleno. En el caso de que el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el Director de las Obras.

# 321. *Excavación en zanjas y pozos* (\*)

## 321.1. Definición

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para abrir zanjas y pozos. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, entibación, posibles agotamientos, nivelación y evacuación del terreno, y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

## 321.2. Clasificación de las excavaciones

Serán aplicables las prescripciones del artículo 320, «Excavación de la explanación y préstamos» de este Pliego.

## 321.3. Ejecución de las obras

### 321.3.1. Principios generales

El Contratista notificará al Director de las Obras, con la antelación suficiente, el comienzo de cualquier excavación, a fin de que éste pueda efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de la excavación no se modificará ni removerá sin autorización del Director de las Obras.

Una vez efectuado el replanteo de las zanjas o pozos, el Director de las Obras autorizará la iniciación de las obras de excavación. La excavación continuará hasta llegar a la profundidad señalada en el Proyecto y obtenerse una superficie firme y limpia a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, el Director de las Obras po-

drá modificar tal profundidad si, a la vista de las condiciones del terreno, lo estima necesario a fin de asegurar una cimentación satisfactoria.

Se vigilarán con detalle las franjas que bordean la excavación, especialmente si en su interior se realizan trabajos que exijan la presencia de personas.

También estará obligado el Contratista a efectuar la excavación de material inadecuado para la cimentación, y su sustitución por material apropiado, siempre que se lo ordene el Director de las Obras.

Para la excavación de tierra vegetal se seguirá lo indicado en el apartado 320.3.3 de este Pliego.

Se tomarán las precauciones necesarias para impedir la degradación del terreno de fondo de excavación en el intervalo de tiempo que medie entre la excavación y la ejecución de la cimentación u obra de que se trate.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 321.3.2. Entibación

En aquellos casos en que se hayan previsto excavaciones con entibación, el Contratista podrá proponer al Director de las Obras efectuarlas sin ella, explicando y justificando de manera exhaustiva las razones que apoyen su propuesta. El Director de las Obras podrá autorizar tal modificación, sin que ello suponga responsabilidad subsidiaria alguna. Si en el Contrato no figurasen excavaciones con entibación y el Director de las Obras, por razones de seguridad, estimase con-

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

veniente que las excavaciones se ejecuten con ella, podrá ordenar al Contratista la utilización de entibaciones, sin considerarse esta operación de abono independiente.

### 321.3.3. *Drenaje*

Cuando aparezca agua en las zanjas o pozos que se están excavando, se utilizarán los medios e instalaciones auxiliares necesarios para agotarla. El agotamiento desde el interior de una cimentación deberá ser hecho de forma que no provoque la segregación de los materiales que han de componer el hormigón de cimentación, y en ningún caso se efectuará desde el interior del encofrado antes de transcurridas veinticuatro horas desde el hormigonado. El Contratista someterá a la aprobación del Director de las Obras los planos de detalle y demás documentos que expliquen y justifiquen los métodos de construcción propuestos.

### 321.3.4. *Taludes*

En el caso de que los taludes de las zanjas o pozos, ejecutados de acuerdo con los planos y órdenes del Director de las Obras, resulten inestables y, por tanto, den origen a desprendimientos antes de la recepción de las obras, el Contratista eliminará los materiales desprendidos.

### 321.3.5. *Limpieza del fondo*

Los fondos de las excavaciones se limpiarán de todo el material suelto o flojo y sus grietas y hendiduras se rellenarán adecuadamente. Asimismo, se eliminarán todas las rocas sueltas o desintegradas y los estratos excesivamente delgados. Cuando los cimientos apoyen sobre material cohesivo, la excavación de los últimos treinta centímetros (30 cm) no se efectuará hasta momentos antes de construir aquéllos, y previa autorización del Director de las Obras.

### 321.3.6. *Empleo de los productos de excavación*

Serán aplicables las prescripciones del apartado 320.3.4 de este Pliego.

### 321.3.7. *Caballeros*

Serán aplicables las prescripciones del apartado 320.3.6 de este Pliego.

### 321.4. *Excesos inevitables*

Los sobreechamientos de excavación necesarios para la ejecución de la obra deberán estar contemplados en el Proyecto o, en su defecto, aprobados, en cada caso, por el Director de las Obras.

### 321.5. *Tolerancias de las superficies acabadas*

El fondo y paredes laterales de las zanjas y pozos terminados tendrán la forma y dimensiones exigidas en los Planos, con las modificaciones debidas a los excesos inevitables autorizados, y deberán refinarse hasta conseguir una diferencia inferior a cinco centímetros (5 cm) respecto de las superficies teóricas.

Las sobreexcavaciones no autorizadas deberán rellenarse de acuerdo con las especificaciones definidas por el Director de las Obras, no siendo esta operación de abono independiente.

### 321.6. *Medición y abono*

La excavación en zanjas o pozos se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) deducidos a partir de las secciones en planta y de la profundidad ejecutada. Se abonarán los excesos autorizados e inevitables.

El precio incluye, salvo especificación en contra del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, las entibaciones, agotamientos, transportes de productos a vertedero, posibles cánones, y el conjunto de operaciones y costes necesarios para la completa ejecución de la unidad.

No serán de abono los excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección tipo teórica, por defectos imputables al Contratista, ni las excavaciones y movimientos de tierra considerados en otras unidades de obra.



## 322. *Excavación especial de taludes en roca* (\*)

### 322.1. Definición

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para la excavación de taludes y paramentos definitivos en roca mediante perforación y voladura, preservando las características naturales de la roca, al limitar niveles de cargas de explosivo cercanas a dichos taludes y paramentos que puedan producir fisuraciones y/o alteraciones inadmisibles, según las reglas de buena práctica de la técnica de voladuras.

Dichas operaciones comprenden la excavación por voladuras del volumen de roca próximo a paramentos definitivos, tanto se realice conjuntamente con la destroza, o se ejecute en fase posterior, también llamada de refino. Tal volumen de roca es cuantificable en función de la estructura y tipos de la roca, del diámetro de perforación y carga de explosivo de los barrenos de la destroza, así como de las secuencias de encendido y del tipo de voladura suave, precorte o recorte, proyectada para la ejecución del paramento definitivo.

### 322.2. Ejecución de las obras

#### 322.2.1. Método de excavación

El método de excavación de la roca por perforación y voladura será el compatible con la obtención de paramentos regulares y estables en su talud definitivo. Su elección se hará en función del Proyecto, de las características mecánicas de la roca, de su estructura geológica y de su grado de tectonización.

Se controlarán especialmente las voladuras masivas a efectuar en el entorno de zonas afectadas por deslizamientos.

La inclinación de barrenos y las cargas unitarias en ellos serán compatibles con el resultado deseado, tanto para los de contorno, como para los de refino, o destroza en su caso. En ningún caso, y siempre sujeto a justificación previa, se producirá fisuración suplementaria en la roca remanente superior a la máxima producida por los barrenos, de recorte o precorte, de la voladura suave. La iniciación de las pegas, eléctrica o no eléctrica, se realizará preferentemente con detonadores de microrretardo, en secuencia de encendido que beneficie al menor confinamiento posible de todos y cada uno de los barrenos. La altura de banqueo será compatible con errores tolerables y el buen saneamiento del frente de roca definitivo de acuerdo con los medios mecánicos disponibles en obra. No se superarán los quince metros (15 m) para la altura de banco, excepto propuesta justificable del Contratista y autorización expresa del Director de las Obras.

El volumen de roca excavable según este artículo es cuantificable en función del tipo de roca y su estructura, del diámetro y carga de los barrenos de destroza y del tipo de voladura suave proyectada para el contorno. Todo ello requiere un estudio y justificación, debiendo presentar el Contratista al Director de las Obras una propuesta de "Plan de excavación por voladuras", firmada por técnico competente, en la que se especificarán, al menos:

- Maquinaria y método de perforación.
- Longitud máxima de perforación.
- Diámetro y longitud de los barrenos de contorno y disposición de los mismos.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

- Diámetros y longitud de los barrenos de destroza y disposición de los mismos.
- Explosivos utilizados, dimensiones de los cartuchos, sistemas de retacado y esquema de cargas de los distintos tipos de barreno.
- Método de fijación de las cargas en los barrenos con carga discontinua.
- Método de iniciación de las cargas y secuencias de iniciación.
- Método de comprobación del circuito de encendido.
- Tipo de explosor.
- Exposición detallada de resultados obtenidos con el método de excavación propuesto en terrenos análogos al de la obra.
- Medidas de seguridad, para la obra y terceros.

De acuerdo con la propuesta, el Director de las Obras podrá autorizar la excavación a sección completa o el establecimiento de un resguardo para refino final. En función del tipo y estructura de la roca se considerará especialmente la secuencia de encendido de los barrenos de las hileras próximas a taludes definitivos, así como la de los barrenos de contorno.

La longitud de los barrenos de contorno será compatible con la calidad de superficie final exigida y los errores reales del equipo de perforación, que debe bajar de dos centímetros por metro (2 cm/m).

Los perforistas presentarán un parte de perforación donde se indicarán las posibles oquedades detectadas durante la operación para evitar cargas concentradas excesivas, y tomarán las medidas necesarias para que los barrenos permanezcan limpios una vez completados con el fin de realizar su carga prevista.

La aprobación del «Plan de excavación por voladuras» por parte del Director de las Obras indicará, tan sólo, que la Administración acepta el resultado final previsto de dicho Plan no eximiendo al Contratista de su responsabilidad.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 322.2.2. Puesta a punto del método de excavación

Si no se dispone de experiencia previa satisfactoria en la excavación de taludes o paramen-

tos en terrenos análogos a los de la obra, la aceptación por el Director de las Obras del método propuesto estará condicionada a su ensayo en obra. Dicho ensayo tendrá por objeto comprobar que el método es correcto en líneas generales y, en este caso, ponerlo a punto para el caso particular considerado.

Para juzgar lo adecuado del método ensayado se atenderá a los siguientes criterios:

- La superficie resultante del talud o paramento no presentará zonas trituradas atribuibles a la voladura.
- Cuando el tipo de voladura suave del contorno deje cañas de los barrenos en el talud o paramento, estas deben aparecer marcadas de forma clara y continua. En ningún caso presentarán fisuras características que revelen carga excesiva.
- La superficie excavada debe presentar un aspecto regular compatible con la estructura de la masa de roca.
- Las vibraciones transmitidas al terreno no deben ser excesivas. En zonas despobladas y sin estructuras que pudieran sufrir daño, se considerarán excesivas las vibraciones que produzcan desplazamientos de cuñas de roca, apertura de diaclasas, o cualquier otro fenómeno que disminuya la resistencia del macizo rocoso.
- En zonas próximas a núcleos habitados, o a estructuras que se desee proteger, se realizará el correspondiente proyecto y voladuras de ensayo exigidos por la reglamentación vigente para asegurar que no van a superarse los niveles de vibración permitidos. Se estará especialmente a lo indicado por UNE 22381.
- Para evitar vibraciones excesivas se dimensionará adecuadamente la carga total correspondiente a cada microrretardo.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras decidirá sobre la conveniencia de aprobar, modificar, ajustar o rechazar el método propuesto. Variaciones sensibles de las características de la roca a excavar, a juicio del Director de las Obras, exigirán la reconsideración del método de trabajo.

La aprobación del método de excavación por el Director de las Obras no eximirá al Contratista de la obligación de tomar las medidas de protección y seguridad necesarias para evitar daños al resto de la obra o a terceros. Es obligación del Contratista, cumplir toda la Reglamentación vigente.



### 322.2.3. Consideraciones especiales para la excavación del pie de taludes en rocas

Es esencial para la estabilidad de taludes que su pie conserve lo mejor posible las características naturales que proporciona el terreno en su estado inalterado. Con este fin se seguirán las siguientes recomendaciones:

- La longitud y situación de los barrenos de contorno se definirá con precisión, teniendo en cuenta el diámetro de la perforación así como la maquinaria utilizada.
- La carga de los barrenos de contorno estará muy ajustada para que, cumpliendo con su función de arranque, el agrietamiento remanente en el macizo de roca sea el mínimo. Por ello, las necesarias cargas de fondo se ajustarán para limitar en lo posible daños al pie de los taludes.
- Los barrenos de las hileras más próximas, cuya carga unitaria pudiera causar a la superficie definitiva daños adicionales a los producidos por los barrenos de contorno, especialmente en pie de talud, se dispondrán y cargarán teniendo muy en cuenta tal posibilidad. Se dedicará especial atención a la longitud total y carga de fondo de tales barrenos. En todo caso, su fondo en el banco inferior no rebasará la profundidad del pie de la excavación en más de cincuenta centímetros (50 cm), o el valor que, con arreglo a criterio de daños, figure en el «Plan de excavación por voladuras» y haya sido aprobado por el Director de las Obras.
- En caso de que se produzcan repiés localizados, se retirarán por medios mecánicos o por perforación y voladura respetando siempre el criterio de mínimo daño a la roca remanente.
- Si se produjeran excavaciones por debajo de los perfiles previstos, éstos se restituirán mediante el hormigonado de las zonas de cota insuficiente con su correspondiente rasanteo.
- La excavación por voladura de cunetas cercanas al pie del talud se realizará vigilando especialmente que las cargas de los barrenos y su secuencia de encendido sean las idóneas para no producir agrietamiento suplementario que afecte al pie del talud.

### 322.2.4. Operaciones auxiliares

Antes de iniciar la excavación del talud se eliminará totalmente la zona de montera que pueda dar lugar a desprendimientos durante la obra y durante la explotación de la carretera.

El drenaje de la excavación se mantendrá en todo momento en condiciones satisfactorias. Cuando no sea posible el drenaje natural se dispondrán grupos motobomba adecuados, con el fin de evacuar el agua almacenada.

Después de la excavación de cada banco parcial del talud, el Director de las Obras examinará la superficie resultante, con objeto de detectar posibles zonas inestables o alterables. El Contratista deberá proceder al saneamiento y/o consolidación de dichas zonas, de acuerdo con las instrucciones del Director de las Obras, antes de aumentar la altura de la excavación. Si, por causas imputables al Contratista, dichas operaciones se demorasen o no se efectuasen hasta haber volado bancos posteriores, éste se encargará, a su costa y sin derecho a indemnización alguna, de los arreglos y saneos que determine el Director de las Obras incluyendo el uso de los andamios o medios auxiliares necesarios para tener acceso a las zonas afectadas.

En caso de que los taludes presenten desperfectos antes de la recepción de las obras, el Contratista eliminará los materiales desprendidos o movidos y realizará urgentemente las reparaciones complementarias ordenadas por el Director de las Obras. Si dichos desperfectos son imputables a ejecución inadecuada o incumplimiento de las instrucciones del Director de las Obras, el Contratista será responsable de los daños ocasionados. Lo mismo cabe indicar respecto a posibles bloques caídos del talud sobre cunetas, de guarda o de desagüe, situadas al pie del talud.

Los pequeños escalones que por razones constructivas aparecen durante la excavación por bancos parciales sucesivos de un talud uniforme, deberán ser suavizados, salvo indicación en contra del Director de las Obras, mediante martillo picador inmediatamente después de la excavación del banco correspondiente. La anchura de estos escalones deberá ser la menor compatible con el equipo de perforación autorizado.

### 322.2.5. Utilización de los productos de excavación

Los materiales que se obtengan de la excavación se utilizarán en la formación de rellenos y de

más usos fijados en el Proyecto, o que señale el Director de las Obras, y se transportarán directamente a las zonas previstas en el Proyecto o a las que, en su defecto, señale el Director de las Obras.

Los fragmentos de roca de mayor tamaño y bolos de piedra tolerables, procedentes del arranque por voladura en la excavación y que no vayan a ser utilizados directamente en las obras, se acopiarán y utilizarán, si procede, en la protección de taludes, canalizaciones de agua como defensa contra posible erosión de zonas vulnerables, o a cualquier otro uso que designe el Director de las Obras. En caso de no haber destino para tal material y que no pueda adaptarse al paisaje general, se procederá a su troceo aceptable y transporte a vertedero, sin derecho a abono independiente.

Los productos de excavación cuyo empleo esté previsto en zonas definidas de la obra cumplirán las condiciones exigidas en este Pliego, o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, para las unidades de obra correspondientes. Este requisito deberá ser tenido en cuenta por el Contratista al preparar el esquema de voladura. En cualquier caso, no se desechará ningún material excavado sin la previa autorización del Director de las Obras. El material inadecuado se transportará a vertedero de acuerdo con lo que se ordene al respecto.

#### 322.2.6. Tolerancia geométrica de terminación de las obras

En el pliego de prescripciones técnicas particulares vendrán definidas las tolerancias del acabado o, en su defecto, serán definidas por el Director de las Obras. Con la precisión que se considere admisible en función de los medios previstos para la ejecución de las obras y en base a las mismas serán fijadas, al menos, las siguientes:

- Tolerancia máxima admisible, expresada en centímetros (cm), entre los planos o su-

perficies de los taludes previstos en Proyecto y los realmente construidos, quedando fijada la zona en la que el talud sería admisible y en la que sería rechazado debiendo volver el Contratista a reperfilarse el mismo.

- Tolerancia máxima admisible en pendiente y fondos de cunetas y en planta, expresada en centímetros (cm), sobre los planos previstos en Proyecto y los realmente construidos, quedando definida la obra admisible y la que sería rechazada debiendo el Contratista proceder a su rectificación de acuerdo con lo que para ello ordene el Director de las Obras.

### 322.3. Medición y abono

La excavación del contorno en taludes y paramentos definitivos de taludes en roca se abonará por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de talud formado, medidos sobre los planos de perfiles transversales.

El volumen de roca excavado al ejecutar esta unidad se medirá y abonará según lo indicado en el artículo 320, «Excavación de la explanación y préstamos» de este pliego.

Si la excavación especial de taludes en roca no está contemplada en el Proyecto como unidad independiente, y es exigida por el Director de las Obras, se entenderá que está comprendida en las de excavación, y por tanto no habrá lugar a su medición y abono por separado.

Las medidas especiales para la protección superficial del talud se medirán y abonarán siguiendo el criterio establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

#### Normas de referencia en el artículo 322

UNE 22381 Control de vibraciones producidas por voladuras.

## 330. *Terraplenes* (\*)

### 330.1. Definición

Esta unidad consiste en la extensión y compactación, por tongadas, de los materiales cuyas características se definen en el apartado 330.3 de este artículo, en zonas de tales dimensiones que permitan de forma sistemática la utilización de maquinaria pesada con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente el firme de una carretera.

Su ejecución comprende las operaciones siguientes:

- Preparación de la superficie de apoyo del relleno tipo terraplén.
- Extensión de una tongada.
- Humectación o desecación de una tongada.
- Compactación de una tongada.

Las tres últimas operaciones se reiterarán cuantas veces sea preciso.

### 330.2. Zonas de los rellenos tipo terraplén

En los rellenos tipo terraplén se distinguirán las cuatro zonas siguientes, cuya geometría se definirá en el Proyecto:

- Coronación: Es la parte superior del relleno tipo terraplén, sobre la que se apoya el firme, con un espesor mínimo de dos tongadas y siempre mayor de cincuenta centímetros (50 cm).
- Núcleo: Es la parte del relleno tipo terraplén comprendida entre el cimiento y la coronación.

- Espaldón: Es la parte exterior del relleno tipo terraplén que, ocasionalmente, constituirá o formará parte de los taludes del mismo. No se considerarán parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural en el relleno entre los que se consideran, plantaciones, cubierta de tierra vegetal, encachados, protecciones antierosión, etc.
- Cimiento: Es la parte inferior del terraplén en contacto con la superficie de apoyo. Su espesor será como mínimo de un metro (1 m).

### 330.3. Materiales

#### 330.3.1. Criterios generales

Los materiales a emplear en rellenos tipo terraplén serán, con carácter general, suelos o materiales locales que se obtendrán de las excavaciones realizadas en obra, de los préstamos que se definan en el Proyecto o que se autoricen por el Director de las Obras.

Los criterios para conseguir un relleno tipo terraplén que tenga las debidas condiciones irán encaminados a emplear los distintos materiales, según sus características, en las zonas más apropiadas de la obra, según las normas habituales de buena práctica en las técnicas de puesta en obra.

En todo caso, se utilizarán materiales que permitan cumplir las condiciones básicas siguientes:

- Puesta en obra en condiciones aceptables.
- Estabilidad satisfactoria de la obra.

(\*) Artículo modificado por la OM 1382/2002.

- Deformaciones tolerables a corto y largo plazo, para las condiciones de servicio que se definan en proyecto.

El Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras, especificará el tipo de material a emplear y las condiciones de puesta en obra, de acuerdo con la clasificación que en los apartados siguientes se define, así como las divisiones adicionales que en el mismo se establezcan, según los materiales locales disponibles.

### 330.3.2. Características de los materiales

A los efectos de este artículo, los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:

- Cernido, o material que pasa, por el tamiz 20 (mm) UNE mayor del setenta por ciento ( $\# 20 > 70\%$ ), según UNE 103 101.
- Cernido por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento ( $\# 0,080 \geq 35\%$ ), según UNE 103 101.

Además de los suelos naturales, se podrán utilizar en terraplenes los productos procedentes de procesos industriales o de manipulación humana, siempre que cumplan las especificaciones de este artículo y que sus características físico-químicas garanticen la estabilidad presente y futura del conjunto. En todo caso se estará a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

El Director de las Obras tendrá facultad para rechazar como material para terraplenes, cualquiera que así lo aconseje la experiencia local. Dicho rechazo habrá de ser justificado expresamente en el Libro de Órdenes.

### 330.3.3. Clasificación de los materiales

Desde el punto de vista de sus características intrínsecas los materiales se clasificarán en los tipos siguientes (cualquier valor porcentual que se indique, salvo que se especifique lo contrario, se refiere a porcentaje en peso).

#### 330.3.3.1. Suelos seleccionados

Se considerarán como tales aquellos que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al cero con dos por ciento ( $MO < 0,2\%$ ), según UNE 103204.
- Contenido en sales solubles en agua, incluido el yeso, inferior al cero con dos por ciento ( $SS < 0,2\%$ ), según NLT 114.
- Tamaño máximo no superior a cien milímetros ( $D_{\text{máx}} \leq 100$  mm)
- Cernido por el tamiz 0,40 UNE menor o igual que el quince por ciento ( $\# 0,40 \leq 15\%$ ) o que en caso contrario cumpla todas y cada una de las condiciones siguientes:
  - Cernido por el tamiz 2 UNE, menor del ochenta por ciento ( $\# 2 < 80\%$ ).
  - Cernido por el tamiz 0,40 UNE, menor del setenta y cinco por ciento ( $\# 0,40 < 75\%$ ).
  - Cernido por el tamiz 0,080 UNE inferior al veinticinco por ciento ( $\# 0,080 < 25\%$ ).
  - Límite líquido menor de treinta ( $LL < 30$ ), según UNE 103103.
  - Índice de plasticidad menor de diez ( $IP < 10$ ), según UNE 103103 y UNE 103104.

#### 330.3.3.2. Suelos adecuados

Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados cumplan las condiciones siguientes:

- Contenido en materia orgánica inferior al uno por ciento ( $MO < 1\%$ ), según UNE 103 204.
- Contenido en sales solubles, incluido el yeso, inferior al cero con dos por ciento ( $SS < 0,2\%$ ), según NTL 114.
- Tamaño máximo no superior a cien milímetros ( $D_{\text{máx}} \leq 100$  mm).
- Cernido por el tamiz 2 UNE, menor del ochenta por ciento ( $\# 2 < 80\%$ ).
- Cernido por el tamiz 0,080 UNE inferior al treinta y cinco por ciento ( $\# 0,080 < 35\%$ ).
- Límite líquido inferior a cuarenta ( $LL < 40$ ), según UNE 103103.
- Si el límite líquido es superior a treinta ( $LL > 30$ ) el índice de plasticidad será superior a cuatro ( $IP > 4$ ), según UNE 103103 y UNE 103104.

### 330.3.3.3. Suelos tolerables

Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados ni adecuados, cumplen las condiciones siguientes:

- Contenido en materia orgánica inferior al dos por ciento ( $MO < 2\%$ ), según UNE 103 204.
- Contenido en yeso inferior al cinco por ciento (Yeso  $< 5\%$ ), según NLT 115.
- Contenido en otras sales solubles distintas del yeso inferior al uno por ciento ( $SS < 1\%$ ), según NLT 114.
- Límite líquido inferior a sesenta y cinco ( $LL < 65$ ), según UNE 103103.
- Si el límite líquido es superior a cuarenta ( $LL > 40$ ) el índice de plasticidad será mayor del setenta y tres por ciento del valor que resulta de restar veinte al límite líquido [ $IP > 0,73 (LL - 20)$ ].
- Asiento en ensayo de colapso inferior al uno por ciento (1%), según NLT 254, para muestra remoldeada según el ensayo Próctor normal UNE 103500, y presión de ensayo de dos décimas de megapascal (0,2 MPa).
- Hinchamiento libre según UNE 103601 inferior al tres por ciento (3%), para muestra remoldeada según el ensayo Próctor normal UNE 103500.

### 330.3.3.4. Suelos marginales

Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados, ni adecuados, ni tampoco como suelos tolerables, por el incumplimiento de alguna de las condiciones indicadas para éstos, cumplan las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al cinco por ciento ( $MO < 5\%$ ), según UNE 103204.
- Hinchamiento libre según UNE 103601 inferior al cinco por ciento (5%), para muestra remoldeada según el ensayo Próctor normal UNE 103500.
- Si el límite líquido es superior a noventa ( $LL > 90$ ) el índice de plasticidad será inferior al setenta y tres por ciento del valor que resulta de restar veinte al límite líquido [ $IP < 0,73 (LL - 20)$ ].

### 330.3.3.5. Suelos inadecuados

Se considerarán suelos inadecuados:

- Los que no se puedan incluir en las categorías anteriores.
- Las turbas y otros suelos que contengan materiales perecedores u orgánicos tales como tocones, ramas, etc.
- Los que puedan resultar insalubre para las actividades que sobre los mismos se desarrollen.

## 330.4. Empleo

### 330.4.1. Uso por zonas

Teniendo en cuenta las condiciones básicas indicadas en el apartado 330.3 de este artículo, así como las que en su caso se exijan en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se utilizarán, en las diferentes zonas del relleno tipo terraplén, los suelos que en este apartado se indican.

#### 330.4.1.1. Coronación

Se utilizarán suelos adecuados o seleccionados siempre que su capacidad de soporte sea la requerida para el tipo de explanada previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y su índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea como mínimo de cinco ( $CBR \geq 5$ ), según UNE 103502.

Se podrán utilizar otros materiales en forma natural o previo tratamiento, siempre que cumplan las condiciones de capacidad de soporte exigidas, y previo estudio justificativo aprobado por el Director de las Obras.

No se usarán en esta zona suelos expansivos o colapsables, según lo indicado en el apartado 330.4.4 de este artículo.

Cuando bajo la coronación exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles según UNE 103201 mayor del dos por ciento (2%), la coronación habrá de evitar la infiltración de agua hacia el resto del relleno tipo terraplén, bien por el propio tipo de material o bien mediante la utilización de medidas complementarias.

### 330.4.1.2. Cimiento

En el cimiento se utilizarán suelos tolerables, adecuados ó seleccionados siempre que las condiciones de drenaje o estanqueidad lo permitan, que las características del terreno de apoyo sean adecuadas para su puesta en obra y siempre que el índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres ( $\text{CBR} \geq 3$ ), según UNE 103502.

### 330.4.1.3. Núcleo

Se utilizarán suelos tolerables, adecuados ó seleccionados, siempre que su índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres ( $\text{CBR} \geq 3$ ), según UNE 103502.

La utilización de suelos marginales o de suelos con índice CBR menor de tres ( $\text{CBR} < 3$ ) puede venir condicionada por problemas de resistencia, deformabilidad y puesta en obra, por lo que su empleo queda desaconsejado y en todo caso habrá de justificarse mediante un estudio especial, aprobado por el Director de las Obras, conforme a lo indicado en el apartado 330.4.4 de este artículo.

Asimismo la posible utilización de suelos colapsables, expansivos, con yesos, con otras sales solubles, con materia orgánica o de cualquier otro tipo de material marginal (según la clasificación del apartado 330.3.3), se regirá por lo indicado en el apartado 330.4.4 de este artículo.

### 330.4.1.4. Espaldones

Se utilizarán materiales que satisfagan las condiciones que defina el Proyecto en cuanto a impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.

No se usarán en estas zonas suelos expansivos o colapsables, según lo definido en el apartado 330.4.4 de este artículo.

Cuando en el núcleo exista material expansivo o colapsable o con contenido en sulfatos solubles según UNE 103201 mayor del dos por ciento (2%), los espaldones evitarán la infiltración de agua hacia el mismo, bien por el propio tipo de material, bien mediante la adopción de medidas complementarias.

### 330.4.2. Grado de compactación

El Proyecto, o en su defecto el Director de las Obras, señalará, entre el Próctor normal según UNE 103500 o el Próctor modificado según UNE 103501, el ensayo a considerar como Próctor de referencia. En caso de omisión se considerará como ensayo de referencia el Próctor modificado; sin embargo en el caso de suelos expansivos se aconseja el uso del ensayo Próctor normal.

Los suelos clasificados como tolerables, adecuados y seleccionados podrán utilizarse según lo indicado en el punto anterior de forma que su densidad seca después de la compactación no sea inferior:

- En la zona de coronación, a la máxima obtenida en el ensayo Próctor de referencia.
- En las zonas de cimiento, núcleo y espaldones al noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima obtenida en dicho ensayo.

El Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras, podrán especificar justificadamente valores mínimos, superiores a los indicados, de las densidades después de la compactación en cada zona de terraplén en función de las características de los materiales a utilizar y de las propias de la obra.

### 330.4.3. Humedad de puesta en obra

La humedad de puesta en obra se establecerá teniendo en cuenta:

- La necesidad de obtener la densidad y el grado de saturación exigidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto en este Pliego.
- El comportamiento del material a largo plazo ante posibles cambios de dicha humedad (por ejemplo expansividad o colapso).
- La humedad del material al excavarlo (en su yacimiento original) y su evolución durante la puesta en obra (condiciones climáticas y manipulación).

Salvo justificación especial o especificación en contra del Proyecto, la humedad, inmediatamente después de la compactación, será tal que el grado de saturación en ese instante se encuentre comprendido entre los valores del grado de saturación correspondientes, en el ensayo Próctor de referencia, a humedades de menos dos por ciento



(-2%) y de más uno por ciento (+1%) de la óptima de dicho ensayo Próctor de referencia.

En el caso de suelos expansivos o colapsables, los límites de saturación indicados serán los correspondientes a humedades de menos uno por ciento (-1%) y de más tres por ciento (+3%) de la óptima del ensayo Próctor de referencia.

Para el mejor aprovechamiento de los materiales desde el punto de vista de su contenido de humedad, se usarán las técnicas de extracción, transporte, acopio, riego u oreo, y extensión adecuadas para mejorar las condiciones del material en su yacimiento original.

En el caso de humedades naturales muy bajas y suelos muy plásticos el cumplimiento de la condición anterior, relativa al grado de saturación, puede conseguirse tanto aumentando el contenido de agua como aumentando la energía de compactación.

#### 330.4.4. Precauciones especiales con distintos tipos de suelos

Los suelos marginales, definidos en el apartado 330.3.3 de este artículo, podrán utilizarse en algunas zonas de la obra siempre que su uso se justifique mediante estudio especial, aprobado por el Director de las Obras.

Este «Estudio de usos de materiales marginales» deberá contemplar explícitamente y con detalle al menos los siguientes aspectos:

- Determinación y valoración de las propiedades que confieren al suelo su carácter de marginal.
- Influencia de dichas características en los diferentes usos del suelo dentro de la obra.
- Posible influencia en el comportamiento o evolución de otras zonas u elementos de la obra.
- Estudio pormenorizado en donde se indique las características resistentes del material y los asientos totales y diferenciales esperados, así como la evolución futura de estas características.
- Conclusión justificada de los posibles usos del material en estudio.
- Cuidados, disposiciones constructivas y prescripciones técnicas a adoptar para los diferentes usos del suelo dentro de la obra.
- A continuación se expresan algunas consideraciones sobre el uso de distintos tipos de suelos.

#### 330.4.4.1. Suelos colapsables

A los efectos de este artículo, se considerarán suelos colapsables aquellos en los que una muestra remoldeada y compactada con la densidad y humedad remoldeada del ensayo Próctor normal según UNE 103500, sufra un asiento superior al uno por ciento (1%) de la altura inicial de la muestra cuando se ensaye según NLT 254 y presión de ensayo de dos décimas de megapascal (0,2 MPa).

Los suelos colapsables no se usarán en coronación ni espaldones. Su uso en núcleo y en cimiento estará sujeto a un estudio especial que teniendo en cuenta la funcionalidad del terraplén, el grado de colapsabilidad del suelo, las condiciones climáticas y de niveles freáticos, defina las disposiciones y cuidados a adoptar para su uso.

Estos suelos deberán compactarse del lado húmedo, con relación a la humedad óptima del ensayo Próctor de referencia. A falta de otro criterio, convenientemente justificado del Proyecto, se estará a lo indicado en el apartado 330.4.3 de este artículo.

#### 330.4.4.2. Suelos expansivos

A los efectos de este artículo, se consideran suelos expansivos aquellos en los que en una muestra remoldeada y compactada con la densidad y humedad óptimas del ensayo Próctor normal según UNE 103500, supere un hinchamiento libre del tres por ciento (3%), cuando se ensaye según UNE 103601.

Los suelos expansivos así definidos, no se utilizarán en coronación ni en los espaldones ya que en estas zonas se acusan especialmente las variaciones estacionales de humedad. Si resultara inevitable su empleo en el núcleo se realizará un estudio especial, que teniendo en cuenta la funcionalidad del relleno tipo terraplén, las características de permeabilidad de la coronación y espaldones, el hinchamiento libre y las condiciones climáticas, defina las disposiciones y cuidados a adoptar durante la construcción. Sin embargo no podrán usarse en ningún caso aquellos suelos cuyo hinchamiento libre, según UNE 103601 sea superior al cinco por ciento (5%).

Estos suelos deben compactarse ligeramente del lado húmedo, con relación a la humedad óptima del ensayo Próctor de referencia. A falta de otro criterio, convenientemente justificado, del

Proyecto se estará a lo indicado en el apartado 330.4.3 de este artículo en lo relativo a los grados de saturación y se preferirá la elección del Próctor normal como Próctor de referencia.

### 330.4.4.3. Suelos con yesos

La utilización, siempre justificada y autorizada por el Director de las Obras, de materiales con yesos será función del contenido de dicha sustancia determinado según NLT 115, tal como se indica a continuación:

- Menor del cero con dos por ciento (0,2%): Utilización en cualquier zona del terraplén.
- Entre el cero con dos y el dos por ciento (0,2 y 2%): Utilización en el núcleo del terraplén. No se necesitará tomar ninguna precaución especial en la ejecución de la coronación y los espaldones.
- Entre el dos y el cinco por ciento (2 y 5%): Utilización en el núcleo del terraplén con adopción de cuidados y materiales de características especiales en coronación y en los espaldones, que vendrán explícitamente indicados en el Proyecto.
- Entre el cinco y el veinte por ciento (5 y 20%): Utilización limitada al núcleo del terraplén y siempre que se tomen, entre otras, las siguientes medidas para evitar la disolución con posible producción de asientos o pérdida de resistencia:
  - El núcleo deberá constituir una masa compacta e impermeable.
  - Disponer medidas de drenaje e impermeabilizaciones para impedir el acceso al relleno de las aguas tanto superficiales como profundas.
  - Habrá de justificarse la eficacia de las medidas adoptadas a este respecto mediante estudio especial, aprobado por el Director de las Obras.
- Mayor del veinte por ciento (20%): Este tipo de suelos no debe utilizarse en ninguna zona del relleno. Su uso se limitará a aquellos casos en que no existan otros suelos disponibles y siempre que el mismo venga contemplado y convenientemente justificado en el Proyecto.

Con frecuencia, los suelos con yeso van acompañados de suelos inadecuados o marginales por

criterios de plasticidad, arcillas muy plásticas o limos colapsables. Por ello para porcentajes de yeso superiores al dos por ciento (yeso > 2%) se determinará el posible carácter expansivo o colapsable del suelo y se adoptarán, en su caso, las medidas oportunas según se indica en los apartados 330.4.4.1 y 330.4.4.2 de este artículo.

También se tendrá en cuenta la posible agresividad de estas sales al hormigón y la posible contaminación que puedan originar en los terrenos colindantes.

### 330.4.4.4. Suelos con otras sales solubles

La utilización de materiales con sales solubles en agua distintas del yeso, según sea su contenido, será la siguiente:

- Menor del cero con dos por ciento (0,2%): Utilización en cualquier zona del terraplén.
- Entre el cero con dos y el uno por ciento (0,2 y 1%): Utilización en el núcleo del terraplén, sin necesidad de tomar precauciones especiales en coronación y espaldones.
- Mayor del uno por ciento (1%): Se requiere un estudio especial, aprobado expresamente por el Director de las Obras.

### 330.4.4.5. Suelos con materia orgánica

Cuando se sospeche que un suelo pueda contener materia orgánica, ésta se determinará según UNE 103204. Esta norma incluye como materia orgánica todas las sustancias oxidables existentes en la muestra ensayada, por tanto, cuando las sustancias oxidables no orgánicas puedan influir de forma importante sobre los resultados obtenidos, el Director de las Obras podrá autorizar que el contenido de materia orgánica se obtenga descontando los materiales oxidables no orgánicos, determinados según método explícitamente aprobado por él.

En rellenos tipo terraplén de hasta cinco metros (5 m) de altura, se podrán admitir en el núcleo materiales con hasta un cinco por ciento (5%) de materia orgánica, siempre que las deformaciones previsibles se hayan tenido en cuenta en el Proyecto.

Para terraplenes de más de cinco metros (5 m) de altura el uso de suelos con porcentaje de



materia orgánica superior al dos por ciento ( $MO > 2\%$ ) habrá de justificarse con un estudio especial, aprobado por el Director de las Obras.

En coronación el contenido de materia orgánica será inferior al uno por ciento (1%).

### 330.5. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Los equipos de extendido, humectación y compactación serán suficientes para garantizar la ejecución de la obra de acuerdo con las exigencias de este artículo.

Previamente a la ejecución de los rellenos, el Contratista presentará un programa de trabajos en que se especificará, al menos: maquinaria prevista, sistemas de arranque y transporte, equipo de extendido y compactación, y procedimiento de compactación, para su aprobación por el Director de las Obras.

### 330.6. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

#### 330.6.1. Preparación de la superficie de apoyo del relleno tipo terraplén

Si el relleno tipo terraplén se construye sobre terreno natural, se efectuará en primer lugar, de acuerdo con lo estipulado en los artículos 300, «Desbroce del terreno» y 320, «Excavación de la explanación y préstamos» de este Pliego, el desbroce del citado terreno y la eliminación de la capa de tierra vegetal.

Sin embargo el Proyecto o el Director de las Obras, de acuerdo con lo indicado en el apartado 300.2.1 de este Pliego, podrán eximir de la eliminación de la capa de tierra vegetal en rellenos tipo terraplén de más de diez metros (10 m) de altura, donde los asientos a que pueden dar lugar, en particular los diferidos, sean pequeños comparados con los totales del relleno y siempre que su presencia no implique riesgo de inestabilidad.

En rellenos tipo terraplén sobre suelos compresibles y de baja resistencia, sobre todo en el caso de suelos orgánicos o en zonas pantanosas, la vegetación podrá mejorar la sustentación de la maquinaria de movimiento de tierras y facilitar las operaciones de compactación de las primeras tongadas. En estos casos el Proyecto o el Director de las Obras, podrán indicar su posible conservación.

Tras el desbroce, se procederá a la excavación y extracción del terreno natural en la extensión y profundidad especificada en el Proyecto.

Una vez alcanzada la cota del terreno sobre la que finalmente se apoyará el relleno tipo terraplén, se escarificará el terreno de acuerdo con la profundidad prevista en el Proyecto y se tratará conforme a las indicaciones relativas a esta unidad de obra, dadas en el artículo 302, «Escarificación y compactación» de este Pliego, siempre que estas operaciones no empeoren la calidad del terreno de apoyo en su estado natural.

Cuando lo indique el Proyecto, se extenderán capas de materiales granulares gruesos o láminas geotextiles que permitan o faciliten la puesta en obra de las primeras tongadas del relleno.

Si el relleno tipo terraplén debe construirse sobre un firme preexistente, éste se escarificará y compactará según lo indicado en el artículo 303 «Escarificación y compactación del firme existente» de este Pliego.

En las zonas de ensanche o recrecimiento de antiguos rellenos tipo terraplén se prepararán éstos, mediante banquetas u otras actuaciones pertinentes, a fin de conseguir la adecuada unión con el nuevo relleno. Las operaciones encaminadas a tal objeto serán las indicadas en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

Cuando el relleno tipo terraplén haya de asentarse sobre un terreno en el que exista agua superficial, se conducirá el agua fuera del área donde vaya a construirse, antes de comenzar su ejecución, mediante obras que podrán tener el carácter de accesorias, y que se ejecutarán con arreglo a lo previsto para tal tipo de obras en el Proyecto o, en su defecto, siguiendo las instrucciones del Director de las Obras.

Las tongadas susceptibles de saturarse durante la vida del relleno tipo terraplén se construirán, de acuerdo con el Proyecto, con un material en el que la granulometría impida el arrastre de partículas y en el que las deformaciones que puedan producirse al saturarse sean aceptables para las condiciones de servicio definidas en el Proyecto.

Las transiciones de desmonte a relleno tipo terraplén se realizarán, tanto transversal como longitudinalmente, de la forma más suave posible según lo indicado en el Proyecto o en su defecto, excavando el terreno de apoyo hasta conseguir una pendiente no mayor de un medio (1V:2H). Dicha pendiente se mantendrá hasta alcanzar una profundidad por debajo de la explanada de al menos un metro (1 m).

En los rellenos tipo terraplén situados a media ladera, se escalonará la pendiente natural del terreno de acuerdo con lo indicado en el Proyecto. Las banquetas así originadas deberán quedar apoyadas en terreno suficientemente firme. Su anchura y pendiente deberán ser tales que la maquinaria pueda trabajar con facilidad en ellas.

En general y especialmente en las medias laderas donde, a corto y largo plazo, se prevea la presencia de agua en la zona de contacto del terreno con el relleno, se deberán ejecutar las obras necesarias, recogidas en el Proyecto, para mantener drenado dicho contacto.

Dado que las operaciones de desbroce, escarificado y escalonado de las pendientes dejan la superficie de terreno fácilmente erosionable por los agentes atmosféricos, estos trabajos no deberán llevarse a cabo hasta el momento previsto y en las condiciones oportunas para reducir al mínimo el tiempo de exposición, salvo que se recurra a protecciones de la superficie. La posibilidad de aterramientos de los terrenos del entorno y otras afecciones indirectas deberán ser contempladas en la adopción de estas medidas de protección.

### 330.6.2. Extensión de las tongadas

Una vez preparado el apoyo del relleno tipo terraplén, se procederá a la construcción del mismo, empleando los materiales, que se han definido anteriormente, los cuales serán extendidos en tongadas sucesivas, de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la explanada final.

El espesor de estas tongadas será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga en todo su espesor el grado de compactación exigido. Dicho espesor, en general y salvo especificación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, será de treinta centímetros (30 cm). En todo caso, el espesor de tongada ha de ser superior a tres medios ( $3/2$ ) del tamaño máximo del material a utilizar.

El extendido se programará y realizará de tal forma que los materiales de cada tongada sean

de características uniformes y, si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con maquinaria adecuada para ello. No se extenderá ninguna tongada mientras no se haya comprobado que la superficie subyacente cumple las condiciones exigidas y sea autorizada su extensión por el Director de las Obras.

Los rellenos tipo terraplén sobre zonas de escasa capacidad de soporte se iniciarán vertiendo las primeras capas con el espesor mínimo necesario para soportar las cargas que produzcan los equipos de movimiento y compactación de tierras.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al cuatro por ciento (4%), para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar la concentración de vertidos. En rellenos de más de cinco metros (5 m) de altura, y en todos aquellos casos en que sea previsible una fuerte erosión de la superficie exterior del relleno, se procederá a la construcción de caballones de tierra en los bordes de las tongadas que, ayudados por la correspondiente pendiente longitudinal, lleven las aguas hasta bajantes dispuestas para controlar las aguas de escorrentía. Se procederá asimismo a la adopción de las medidas protectoras del entorno, previstas en el Proyecto o indicadas por el Director de las Obras, frente a la acción, erosiva o sedimentaria, del agua de escorrentía.

Salvo prescripción en contra del Proyecto o del Director de las Obras, los equipos de transporte de tierras y extensión de las mismas operarán sobre todo el ancho de cada capa y, en general, en el sentido longitudinal de la vía.

Deberá conseguirse que todo el perfil del relleno tipo terraplén quede debidamente compactado, para lo cuál, se podrá dar un sobreancho a la tongada del orden de un metro (1 m) que permita el acercamiento del compactador al borde, y después recortar el talud. En todo caso no serán de abono estos sobreanchos.

### 330.6.3. Humectación o desecación

En el caso de que sea preciso añadir agua para conseguir el grado de compactación previsto, se efectuará esta operación humectando uniformemente los materiales, bien en las zonas de procedencia (canteras, préstamos), bien en acopios intermedios o bien en la tongada, dispo-

niendo los sistemas adecuados para asegurar la citada uniformidad (desmenuzamiento previo, uso de rodillos «pata de cabra», etc.).

En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva, se tomarán las medidas adecuadas, para conseguir la compactación prevista, pudiéndose proceder a la desecación por oreo, o a la adición y mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas.

### 330.6.4. Compactación

Conseguida la humectación más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Los valores de densidad y humedad a alcanzar serán los que se indican en los apartados 330.4.2 y 330.4.3 de este artículo, o los que, en su caso, fijen el Proyecto o el Director de las Obras.

Las zonas de trasdós de obra de fábrica, zanjas y aquellas, que por reducida extensión, u otras causas, no puedan compactarse con los medios habituales tendrá la consideración de rellenos localizados y se estará a lo dispuesto en el artículo 332, «Rellenos localizados» de este Pliego.

### 330.6.5. Control de la compactación

#### 330.6.5.1. Generalidades

El Control de la compactación tendrá por objeto comprobar por un lado que cada tongada cumple las condiciones de densidad seca y humedad, según lo establecido en el apartado 330.6.4 de este artículo así como por el Proyecto y el Director de las Obras, y por otro lado, que las características de deformabilidad sean las adecuadas para asegurar un comportamiento aceptable del relleno.

A este efecto, el control se efectuará por el método de «Control de producto terminado», a través de determinaciones «in situ» en el relleno compactado, comparándose los resultados obtenidos con los correspondientes valores de referencia. En circunstancias especiales, el Proyecto o el Director de las Obras podrán prescribir, además, la realización de ensayos complementarios para caracterizar las propiedades geotécnicas del relleno (resistencia al corte, expansividad, colapso, etc.).

Con este método de «Control de producto terminado» se considerará que la compactación de una tongada es aceptable siempre que se cumplan las dos condiciones siguientes:

- La densidad seca «in situ» es superior al máximo valor mínimo establecido en este Pliego, en el Proyecto o por el Director de las Obras, y el grado de saturación se encuentra dentro de los límites establecidos en el Proyecto, o en su defecto en este Pliego. Estos aspectos se comprobarán conforme a lo indicado en el apartado 330.6.5.4 de este artículo.
- El módulo de deformación vertical en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa ( $E_{v2}$ ) según NLT 357 es como mínimo, según el tipo de material y en función de la zona de obra de que se disponga, el siguiente:
  - En cimiento, núcleo y espaldones, cincuenta megapascales ( $E_{v2} \geq 50$  MPa) para los suelos seleccionados y treinta megapascales ( $E_{v2} \geq 30$  MPa) para el resto.
  - En coronación, cien megapascales ( $E_{v2} \geq 100$  MPa) para los suelos seleccionados y sesenta megapascales ( $E_{v2} \geq 60$  MPa) para el resto.

En este ensayo de carga sobre placa ejecutado conforme a NLT 357, la relación,  $K$ , entre el módulo de deformación obtenido en el segundo ciclo de carga,  $E_{v2}$  y el módulo de deformación obtenido en el primer ciclo de carga,  $E_{v1}$ , no puede ser superior a dos con dos ( $K < 2,2$ ).

Cuando lo indique el Proyecto o lo aconsejen las características del material o de la obra, y previa autorización del Director de las Obras, las determinaciones «in situ» de densidad, humedad, y módulo de deformación se complementarán por otras, como los ensayos de huella ejecutados según NLT 256 o el método de «Control de procedimiento» a partir de bandas de ensayo previas. En estas últimas deberán quedar definidas, para permitir su control posterior, las operaciones de ejecución, equipos de extendido y compactación, espesores de tongada, humedad del material y número de pasadas, debiendo comprobarse en esas bandas de ensayo que se cumplen las condiciones de densidad, saturación, módulo de deformación y relación de módulos que se acaban de establecer. En estas bandas o terraplenes de ensayo el número de tongadas a realizar será, al menos, de tres (3).

El Proyecto o el Director de las Obras podrán establecer la utilización de ensayos complementarios para la comprobación del comportamiento del relleno o de determinadas características del mismo (como los ensayos de Cross-hole, ondas superficiales, ensayos penetrométricos, asentómetros, células de presión total o intersticial, etc.).

### 330.6.5.2. Ensayos de referencia

#### a) Ensayo de Compactación Proctor

El Proyecto, o en su defecto el Director de las Obras, señalará, entre el Próctor normal (UNE 103500) o el Próctor modificado (UNE 103501), el ensayo a considerar como Próctor de referencia. En caso de omisión se considerará como ensayo de referencia el Próctor modificado.

En este sistema de control, se clasificarán los materiales a utilizar en grupos cuyas características sean similares. A estos efectos se consideran similares aquellos materiales en los que se cumpla, en un mínimo de tres (3) muestras ensayadas, lo siguiente:

- Pertenencia al mismo tipo de clasificación definida en el apartado 330.3.3 de este artículo.
- Rangos de variación de la densidad seca máxima en el ensayo Próctor de referencia no superiores al tres por ciento (3%).
- Rangos de variación de la humedad óptima en el ensayo Próctor de referencia no superiores al dos por ciento (2%).

Dentro de cada grupo se establecerán los correspondientes valores medios de la densidad seca máxima y de la humedad óptima que servirán de referencia para efectuar el análisis de los resultados del control. Se determinará asimismo la zona de validez indicada en el apartado 330.6.5.4 de este artículo.

El volumen de cada uno de esos grupos será mayor de veinte mil metros cúbicos (20.000 m<sup>3</sup>). En caso contrario se recurrirá a otro procedimiento de control.

En el caso de que los materiales procedentes de una misma zona de extracción no puedan agruparse de la forma anteriormente descrita ni sea posible separarlos para su aprovechamiento, no será aplicable el método de control de producto terminado mediante ensayos Próctor, debiéndose recurrir al empleo intensivo del ensayo

de carga con placa según NLT 357, con alguno complementario como el de huella según NLT 256, o el método de control de procedimiento, según determine el Director de las Obras.

#### b) Ensayo de carga con placa

Para determinar el módulo de deformación del relleno tipo terraplén se utilizará el ensayo de carga con placa. Las dimensiones de dicha placa serán tales que su diámetro o lado sea al menos cinco (5) veces superior al tamaño máximo del material utilizado. En ningún caso la superficie de la placa será inferior a setecientos centímetros cuadrados (700 cm<sup>2</sup>). El ensayo se realizará según la metodología NLT 357 aplicando la presión, por escalones, en dos ciclos consecutivos de carga.

En caso de necesidad, el Proyecto podrá fijar otras condiciones de ensayo que las de la norma indicada, en cuyo caso deberá establecer los valores correspondientes a exigir para el módulo de deformación del segundo ciclo de carga  $E_{v2}$ , y para la relación  $K$  entre módulos de segundo y primer ciclos de carga.

#### c) Ensayo de la huella

En el caso de realizar el ensayo de la huella se utilizará la norma NLT 256, en la que se indica el control de asientos, sobre diez (10) puntos separados un metro (1 m), antes y después del paso del camión normalizado.

El ensayo de huella se efectuará correlacionado con el ensayo de placa de carga NLT 357 y por tanto los valores de huella admisibles serán aquellos que garanticen el resultado de la placa de carga. Los mismos serán establecidos por el Director de las Obras a propuesta del Contratista apoyada por los correspondientes ensayos de contraste.

En todo caso los valores de huella admisible no serán superiores a los siguientes:

- En cimiento, núcleo y espaldones: cinco milímetros (5 mm).
- En coronación: tres milímetros (3 mm).

### 330.6.5.3. Determinación «in situ»

#### a) Definición de lote

Dentro del tajo a controlar se define como «lote», que se aceptará o rechazará en conjunto,

al menor que resulte de aplicar a una sola tongada de terraplén los siguientes criterios:

- Una longitud de carretera (una sola calzada en el caso de calzadas separadas) igual a quinientos metros (500 m).
- En el caso de la coronación una superficie de tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) y en el resto de las zonas, una superficie de cinco mil metros cuadrados (5.000 m<sup>2</sup>) si el terraplén es de menos de cinco metros (5 m) de altura y de diez mil metros cuadrados (10.000 m<sup>2</sup>) en caso contrario. Descontando siempre en el conjunto de estas superficies unas franjas de dos metros (2 m) de ancho en los bordes de la calzada y los rellenos localizados según lo definido en el artículo 332, «Rellenos localizados» de este pliego.
- La fracción construida diariamente.
- La fracción construida con el mismo material, del mismo préstamo y con el mismo equipo y procedimiento de compactación.

Nunca se escogerá un lote compuesto de fracciones correspondientes a días ni tongadas distintas, siendo por tanto entero el número de lotes escogido por cada día y tongada.

#### **b) Muestras y ensayos a realizar en cada lote**

Dentro de la zona definida por el lote se escogen las siguientes muestras independientes:

- Muestra de superficie: Conjunto de cinco (5) puntos, tomados en forma aleatoria de la superficie definida como lote. En cada uno de estos puntos se determinará su humedad y densidad.
- Muestra de borde: En cada una de las bandas de borde se fijará un (1) punto por cada cien metros (100 m) o fracción. Estas muestras son independientes de las anteriores e independientes entre sí. En cada uno de estos puntos se determinará su humedad y densidad.
- Determinación de deformaciones: En coronación se hará un ensayo de carga con placa según NLT 357 por cada uno de los lotes definidos con anterioridad. En el resto de las zonas el Director de las Obras podrá elegir entre hacer un ensayo de placa de carga por cada lote o bien hacer otro tipo de ensayo en cada lote, como puede ser el de

huella, de forma que estando convenientemente correlacionadas se exijan unos valores que garanticen los resultados del ensayo de placa de carga, aspecto este que se comprobará, al menos, cada cinco (5) lotes.

La determinación de deformaciones habrá de realizarse siempre sobre material en las condiciones de densidad y grado de saturación exigidas, aspecto que en caso de duda, y en cualquier caso que el Director de las Obras así lo indique, habrá de comprobarse. Incluso se podrá obligar a eliminar la costra superior de material desecado antes de realizar el ensayo.

Para medir la densidad seca «in situ» podrán emplearse procedimientos de sustitución (método de la arena UNE 103503, método del densómetro, etcétera), o preferentemente métodos de alto rendimiento como los métodos nucleares con isótopos radiactivos. En todo caso, antes de utilizar estos últimos, se calibrarán sus resultados con las determinaciones dadas por los procedimientos de sustitución. Esta calibración habrá de ser realizada para cada uno de los grupos de materiales definidos en el apartado 330.6.5.3a) de este artículo y se comprobará al menos una vez por cada diez (10) lotes ensayados. De forma análoga se procederá con los ensayos de humedad, por secado según UNE 103300 y nucleares.

Para espesores de tongada superiores a treinta centímetros (30 cm) habrá de garantizarse que la densidad y humedad medidas se corresponden con las del fondo de la tongada.

#### **330.6.5.4. Análisis de los resultados**

Las determinaciones de humedad y densidad «in situ» se compararán con los valores de referencia definidos en el apartado 330.6.5.2 de este artículo.

Para la aceptación de la compactación de una muestra el valor medio de la densidad de la muestra habrá de cumplir las condiciones mínimas impuestas en este artículo y en particular en sus apartados 330.4.2, 330.4.3 y 330.6.4. Además al menos el 70 por 100 (60%) de los puntos representativos de cada uno de los ensayos individuales en un diagrama humedad-densidad seca, han de encontrarse dentro de la zona de validez que a continuación se define, y el resto de los puntos no podrán tener una densidad inferior en más de treinta kilogramos por metro cúbico (30 kg/m<sup>3</sup>) a las admisibles según lo indica-



do en este Pliego, en el Proyecto o por el Director de las Obras.

La zona de validez es la situada por encima de la curva Próctor de referencia, normal o modificado según el caso, y entre las líneas de isosaturación correspondientes a los límites impuestos al grado de saturación, en el Proyecto o en su defecto en este pliego.

Dichas líneas límite, según lo indicado en el apartado 330.4.3 de este artículo y salvo indicación en contra del Proyecto, serán aquellas que pasen por los puntos de la curva Próctor de referencia correspondientes a humedades de menos dos por ciento (-2%) y más 1 por 100 (+1%) de la óptima.

En el caso de suelos expansivos o colapsables los puntos de la curva Próctor de referencia serán los correspondientes a humedades de menos uno por ciento (-1%) y más 3 por 100 (+3%) de la óptima de referencia.

Se recuerda que el grado de saturación viene dado por:

$$S_r = \omega \cdot \frac{\rho_s}{\rho_w} \cdot \frac{\rho_d}{\rho_s - \rho_d}$$

Y que las líneas de igual saturación vienen definidas por la expresión:

$$\rho_d = \rho_s \cdot \frac{S_r}{\omega \cdot \frac{\rho_s}{\rho_w} + S_r}$$

donde:

$S_r$ : Grado de saturación (%).

$\omega$ : Humedad del suelo (%).

$\rho_d$ : Densidad seca ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$\rho_w$ : Densidad del agua (puede tomarse igual a  $1.000 \text{ kg}/\text{m}^3$ ).

$\rho_s$ : Densidad de las partículas de suelo (UNE 103 302) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

El incumplimiento de lo anterior dará lugar a la recompactación de la zona superficial o de borde de la cual la muestra sea representativa.

En casos dudosos puede ser aconsejable aumentar la intensidad del control para disminuir la frecuencia e incidencia de situaciones inaceptables o los tramos de lotes a rechazar.

En caso de no cumplirse los valores de placa de carga indicados en el apartado 330.6.5 de este artículo o los valores aceptables indicados por el Director de las Obras para el ensayo alter-

nativo de correlación con el de placa de carga, se procederá asimismo a recompactar el lote.

### 330.7. Limitaciones de la ejecución

Los rellenos tipo terraplén se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a dos grados Celsius ( $2 \text{ }^\circ\text{C}$ ), debiendo suspenderse los trabajos cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite, salvo que se justifique adecuadamente la viabilidad de la puesta en obra y la consecución de las características exigidas y esta justificación fuese aceptada por el Director de las Obras.

El Director de las Obras deberá tener en cuenta la influencia de las lluvias antes de aprobar el extendido y compactación del relleno.

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su compactación. Si ello no es factible se eliminará el espesor de las tongadas afectado por el paso del tráfico.

### 330.8. Medición y abono

Los rellenos tipo terraplén se abonarán por metros cúbicos ( $\text{m}^3$ ), medidos sobre los planos de perfiles transversales, siempre que los asientos medios del cimiento debido a su compresibilidad sean inferiores, según los cálculos del Proyecto, al dos por ciento (2%) de la altura media del relleno tipo terraplén.

En caso contrario podrá abonarse el volumen de relleno correspondiente al exceso ejecutado sobre el teórico, siempre que este asiento del cimiento haya sido comprobado mediante la instrumentación adecuada, cuya instalación y coste correrá a cargo del Contratista.

No serán de abono los rellenos que fuesen necesarios para restituir la explanación a las cotas proyectadas debido a un exceso de excavación o cualquier otro caso de ejecución incorrecta imputable al Contratista ni las creces no previstas en este Pliego, en el Proyecto o previamente autorizadas por el Director de las Obras, estando el Contratista obligado a corregir a su costa dichos defectos sin derecho a percepción adicional alguna.

Salvo que el Proyecto indique lo contrario, se aplicará el mismo precio unitario a todas las zonas del terraplén.

### **Normas de referencia en el artículo 330**

UNE 103101 Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

UNE 103103 Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.

UNE 103104 Determinación del límite plástico de un suelo.

UNE 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.

UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.

UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.

UNE 103302 Determinación de la densidad relativa de las partículas de un suelo.

UNE 103500 Geotecnia. Ensayo de compactación Próctor normal.

UNE 103501 Geotecnia. Ensayo de compactación Próctor modificado.

UNE 103502 Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R. de un suelo.

UNE 103503 Determinación «in situ» de la densidad de un suelo por el método de la arena.

UNE 103601 Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro.

NLT 114 Determinación del contenido de sales solubles de los suelos.

NLT 115 Contenido de yeso en suelos.

NLT 254 Ensayo de colapso en suelos.

NLT 256 Ensayo de huella en terrenos.

NLT 357 Ensayo de carga con placa.



# 331. *Pedraplenes* (\*)

## 331.1. Definición

Esta unidad consiste en la extensión y compactación por tongadas de materiales pétreos, cuyas características serán las indicadas en el apartado 331.4 de este artículo, con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente la explanada y el firme de una carretera. El área de trabajo será suficiente para el empleo de maquinaria pesada.

Su ejecución comprende las siguientes operaciones:

- Preparación de la superficie de apoyo del pedraplén.
- Excavación, carga y transporte del material pétreo que constituye el pedraplén.
- Extensión y compactación del material en tongadas.

Esta última operación se reiterará cuantas veces sea preciso.

Se excluyen de esta unidad las operaciones necesarias para la ejecución de la coronación del pedraplén que se define en el apartado 331.3 de este artículo.

## 331.2. Zonas del pedraplén

En los pedraplenes se distinguirán las siguientes zonas:

- Transición: Formada por la parte superior del pedraplén, con un espesor de dos (2) tongadas y como mínimo de un metro (1 m), a no ser que en el Proyecto se indique expresamente otro valor.

- Núcleo: Parte del pedraplén comprendida entre el cimientado y la zona de transición.
- Cimientado: Formada por la parte inferior del pedraplén en contacto con el terreno preexistente o superficie de apoyo. Su espesor será como mínimo de un metro (1 m) o la máxima altura libre desde la superficie de apoyo hasta la zona de transición del pedraplén, cuando dicha altura libre fuera inferior a un metro (1 m).
- Espaldones: Son las partes exteriores del relleno que ocasionalmente constituyen o forman parte de los taludes del mismo.
- Zonas especiales: Son zonas del pedraplén con características especiales, tales como zonas inundables, etc. De existir, el Proyecto deberá fijar sus características y dimensiones.

## 331.3. Coronación de pedraplenes

Se entiende por coronación la zona comprendida entre la transición del pedraplén y la superficie de la explanada. Sus dimensiones y características serán las definidas en el artículo 330, «Terraplenes» de este Pliego para la coronación de terraplenes.

## 331.4. Materiales

### 331.4.1. Procedencia

Los materiales pétreos a emplear procederán de la excavación de la explanación. Excepcio-

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

nalmente, los materiales pétreos podrán proceder también de préstamos.

Las zonas concretas a excavar para la obtención de materiales serán las indicadas por el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

### 331.4.2. Calidad de la roca

En general, serán rocas adecuadas para pedraplenes las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas resistentes, sin alteración apreciable, compactas y estables frente a la acción de los agentes externos y, en particular, frente al agua.

Se consideran rocas estables frente al agua aquellas que, según NLT 255, sumergidas en agua durante veinticuatro horas (24 h), con tamaños representativos de los de puesta en obra, no manifiestan fisuración alguna, y la pérdida de peso que sufren es igual o inferior al 2 por 100 (2%). También podrán utilizarse ensayos de ciclos de humedad-sequedad, según NLT 260, para calificar la estabilidad de estas rocas, si así lo autoriza el Director de las Obras.

El Director de las Obras tendrá facultad para rechazar materiales para pedraplenes, cuando así lo aconseje la experiencia local.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 331.4.3. Granulometría

El material para pedraplenes deberá cumplir las siguientes condiciones granulométricas:

- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz 20 UNE será inferior al treinta por cien (30%).
- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz 0,080 UNE será inferior al diez por cien (10%).
- El tamaño máximo será como mínimo de cien milímetros (100 mm) y como máximo de novecientos milímetros (900 mm).

Las condiciones anteriores corresponden al material compactado. Las granulometrías obtenidas en cualquier otro momento de la ejecución sólo tendrán valor orientativo, debido a las se-

gregaciones y alteraciones que puedan producirse en el material durante la construcción.

La curva granulométrica total una vez compactado el material se recomienda que se encuentre dentro del huso siguiente:

Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa
220	50-100
55	25-50
14	12,5-25

### 331.4.4. Forma de las partículas

El contenido de peso de partículas con forma inadecuada será inferior al 30%. A estos efectos se consideran partículas con forma inadecuada aquellas en que se verifique:

$$\frac{L + G}{2} \geq 3E$$

donde:

- L* (Longitud): separación máxima entre dos planos paralelos tangentes a la partícula.
- G* (Grosor): diámetro del agujero circular mínimo que puede atravesar la partícula.
- E* (Espesor): separación mínima entre dos planos paralelos tangentes a la partícula.

Los valores de *L*, *G*, y *E*, no deben ser necesariamente medidos en tres direcciones perpendiculares entre sí.

Cuando el contenido en peso de partículas de forma inadecuada sea igual o superior al 30% sólo se podrá utilizar este material cuando se realice un estudio especial, aprobado por el Director de las Obras, que garantice un comportamiento aceptable.

## 331.5. Empleo

### 331.5.1. Empleo de los materiales pétreos

El Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras, definirá los lugares concretos a que deben destinarse los materiales procedentes de cada zona de excavación.

En la capa de transición se utilizarán materiales cuya granulometría esté dentro del huso recomendado en el apartado 331.4.3 de este artículo.

### 331.5.2. *Eliminación de materiales inadecuados al excavar*

Antes de iniciarse la excavación de los materiales pétreos se eliminará la montera que recubre la zona a excavar, así como la zona de roca superficial alterada que sea inadecuada para su empleo en pedraplenes, aunque pueda utilizarse para formar otro tipo de rellenos.

Se eliminarán asimismo las zonas de material inadecuado que aparezcan en el interior de la formación rocosa durante la excavación de ésta.

### 331.6. *Equipo necesario para la ejecución de las obras*

Los equipos de transporte, extendido, humectación y compactación serán suficientes para garantizar la ejecución de la obra de acuerdo con las exigencias de este Pliego y del Proyecto, y deberán asimismo ser aprobados expresamente por el Director de las Obras, a propuesta del Contratista.

### 331.7. *Ejecución de las obras*

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

#### 331.7.1. *Preparación de la superficie de apoyo del relleno tipo pedraplén*

Si el relleno tipo pedraplén se va a construir sobre terreno natural, se efectuará en primer lugar, de acuerdo con lo estipulado en los artículos 300, «Desbroce del terreno» y 320, «Excavación de la explanación y préstamos» de este Pliego, el desbroce del citado terreno. En función de la necesidad de su utilización posterior, se eliminará la capa de tierra vegetal y se procederá a

su almacenamiento en condiciones adecuadas para evitar su deterioro.

Sin embargo, el Proyecto o el Director de las Obras, de acuerdo con lo indicado en el apartado 300.2.1 de este Pliego podrán eximir la eliminación de la capa de tierra vegetal en rellenos tipo pedraplén de más de diez metros (10 m) de altura, donde los asientos a que pueden dar lugar, en particular los diferidos, sean pequeños comparados con los totales del relleno y siempre que su presencia no implique riesgo de inestabilidad.

En rellenos tipo pedraplén sobre suelos compresibles y de baja resistencia, sobre todo en el caso de suelos orgánicos, la vegetación podrá mejorar la sustentación de la maquinaria de movimiento de tierras y facilitar las operaciones de compactación de las primeras tongadas. En estos casos el Proyecto o el Director de las Obras definirán su posible conservación.

En los casos que sean indicados en el Proyecto, se extenderán materiales granulares gruesos o geotextiles que permitan o faciliten la puesta en obra de las primeras tongadas del relleno.

Tras el desbroce, se procederá a la excavación y extracción del material que se considere necesario para constituir la superficie de apoyo, en la extensión y profundidad especificadas en Proyecto.

Una vez alcanzada la cota del terreno sobre la que finalmente se apoyará el relleno tipo pedraplén, se escarificará esa zona de apoyo, de acuerdo con lo previsto en Proyecto y en el artículo 302, «Escarificación y compactación» de este Pliego. Se compactará con las condiciones exigidas para el cimientado del relleno tipo pedraplén, siempre que estas operaciones no empeoren la calidad del terreno de apoyo en su estado natural.

Si el relleno tipo pedraplén debe construirse sobre un firme existente, se escarificará y compactará éste según lo indicado en el artículo 303, «Escarificación y compactación del firme existente» de este Pliego.

En las zonas de ensanche o recrecimiento de antiguos rellenos se prepararán éstos, mediante banquetas u otras actuaciones pertinentes, a fin de conseguir su unión con el nuevo relleno. Las operaciones encaminadas a tal objeto serán las indicadas en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras. Si el material del antiguo relleno cuya remoción sea necesaria es del mismo tipo que el nuevo y cumple las condiciones exigidas para éste, se mezclará con el del nuevo relleno para su compactación simultánea; en caso contrario será transportado a vertedero.

Cuando el relleno tipo pedraplén haya de asentarse sobre un terreno en el que exista agua

superficial, se conducirá el agua fuera del área donde vaya a construirse, antes de comenzar su ejecución, mediante obras que podrán tener el carácter de accesorias, y que se ejecutarán con arreglo a lo previsto para tal tipo de obras en el Proyecto o, en su defecto, siguiendo las instrucciones del Director de las Obras.

Las tongadas susceptibles de saturarse durante la vida del relleno tipo pedraplén se construirán, de acuerdo con el Proyecto, con un material que tenga un comportamiento aceptable bajo dicha acción (erosión, expansión y colapso, etc.).

Las transiciones de desmonte a relleno tipo pedraplén tanto transversal como longitudinalmente, se realizarán de la forma más suave posible, según lo indicado en el Proyecto o, en su defecto excavando el terreno de apoyo hasta conseguir una pendiente no mayor de un medio (1V:2H), que se mantendrá hasta alcanzar una profundidad por debajo de la explanada de al menos un metro (1 m), o el espesor de dos (2) tongadas.

En los rellenos tipo pedraplén situados a media ladera, si las condiciones de estabilidad lo exigen, se escalonará la pendiente natural del terreno de acuerdo con lo indicado en el Proyecto. Las banquetas así originadas deberán quedar apoyadas en terreno suficientemente firme. Su anchura y pendiente deberán ser tales que la maquinaria pueda trabajar con facilidad en ellas.

En general y, especialmente, en las medias laderas donde, a corto o largo plazo, se prevea la presencia de agua en la zona de contacto del terreno con el relleno, se deberán ejecutar en planta y profundidad las obras necesarias, recogidas en el Proyecto, para mantener drenado dicho contacto.

Dado que las operaciones de desbroce, escarificado y escalonado de las pendientes dejan la superficie del terreno fácilmente erosionable por los agentes atmosféricos, estos trabajos no deberán llevarse a cabo hasta el momento preciso y en las condiciones oportunas para reducir al mínimo el tiempo de exposición, salvo que se recurra a protecciones de dicha superficie. La posibilidad de aterramientos de los terrenos del entorno y otras afecciones indirectas deberán ser contempladas en la adopción de estas medidas de protección.

### 331.7.2. *Excavación, carga y transporte del material*

Los trabajos de excavación se ejecutarán de manera que la granulometría y forma de los ma-

teriales resultantes sean adecuadas para su empleo en pedraplenes, con arreglo a este artículo.

En caso necesario, después de la excavación, se procederá a la eliminación o troceo de los elementos singulares que tengan formas o dimensiones inadecuadas, según indique el Director de las Obras.

La carga de los productos de excavación y su transporte al lugar de empleo se llevará a cabo de forma que se evite la segregación del material.

### 331.7.3. *Extensión de las tongadas*

Una vez preparada la base de apoyo del relleno tipo pedraplén, se procederá a la construcción del mismo, empleando los materiales que se han definido anteriormente, los cuales serán extendidos en tongadas sucesivas, de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la explanada.

El espesor de las tongadas será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga la compacidad deseada. A falta de otra especificación dicho espesor será de sesenta centímetros (60 cm) y salvo autorización expresa del Director de las Obras, a propuesta justificada del Contratista, el espesor máximo de las tongadas, una vez compactadas, no será nunca superior a un metro treinta y cinco centímetros (1,35 m) ni a tres (3) veces el tamaño máximo del árido. En todo caso, el espesor de la tongada debe ser superior a tres medios (3/2) del tamaño máximo del material a utilizar.

El material de cada tongada se descargará en obra sobre la parte ya extendida de dicha tongada y cerca de su frente de avance. Desde esta posición será empujado hasta el frente de la tongada y extendido a continuación de éste mediante tractor equipado con pala de empuje, realizándose la operación de forma que se corrijan las posibles segregaciones del material. En casos especiales podrá regarse el pedraplén con agua a presión, siempre que el Director de las Obras lo considere conveniente.

Los rellenos tipo pedraplén sobre zonas de escasa capacidad de soporte, se iniciarán vertiendo las primeras capas con el espesor mínimo necesario para soportar las cargas que produzcan los equipos de movimiento y compactación de tierras.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al 4

por 100, para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar la concentración de vertidos. Se procederá a la construcción de caballones en los bordes de las tongadas, que conduzcan las aguas hacia bajantes provisionales que controlen las aguas de escorrentía, así como a la adopción de las medidas protectoras del entorno frente a la acción de este agua de escorrentía, erosiva o sedimentaria, previstas en el Proyecto o indicadas por el Director de las Obras.

Salvo prescripciones en contra del Proyecto o del Director de las Obras, los equipos de transporte del material y extensión del mismo operarán sobre todo el ancho de cada capa y, en general, en el sentido longitudinal de la vía.

Deberá conseguirse que todo el perfil teórico del relleno tipo pedraplén quede debidamente compactado, para lo cual, se compactará una franja de una anchura mínima de dos metros (2 m) desde el borde del talud, en tongadas más delgadas y mediante maquinaria apropiada. A propuesta del Contratista, siempre que el Director de las Obras dé su aprobación, podrá sustituirse el método anterior por el de dotar al pedraplén de un sobreebancho, de uno o dos metros (1 ó 2 m), que permitan operar con la maquinaria de compactación de forma que el pedraplén teórico quede con la compactación adecuada. Este sobreebancho no será de abono. Podrá utilizarse asimismo cualquier otro procedimiento que establezca el Proyecto o apruebe el Director de las Obras.

### 331.7.4. Compactación

El método de compactación elegido deberá garantizar la obtención de las compacidades mínimas necesarias. Con este objeto deberá elegirse adecuadamente, para cada zona del pedraplén, la granulometría del material, el espesor de tongada, el tipo de maquinaria de compactación y el número de pasadas del equipo. Estas variables se determinarán a la vista de los resultados obtenidos durante la puesta a punto del método de trabajo, según se indica en el apartado 331.7.5 de este artículo.

Si en la compactación se utilizan rodillos vibratorios, el peso estático del equipo no deberá ser inferior a diez toneladas (10 t).

Las zonas de trasdós de obras de fábrica, zanjas y aquellas, que por su reducida extensión u otras causas, no puedan compactarse con los

medios habituales tendrán la consideración de rellenos localizados y se estará a lo expuesto en el artículo 332, «Rellenos localizados» de este Pliego.

### 331.7.5. Puesta a punto del método de trabajo

Salvo prescripción en contra del Proyecto o del Director de las Obras el control de construcción de un pedraplén consistirá en un control de procedimiento que permita comprobar el método de construcción del relleno.

El Contratista propondrá por escrito al Director de las Obras el método de construcción que considere más adecuado para cada tipo de material a emplear, de manera que se cumplan las prescripciones indicadas en este Pliego. En la propuesta se especificará:

- Características de toda la maquinaria a utilizar.
- Método de excavación, carga y transporte de los materiales pétreos.
- Método de extensión.
- Espesor de tongadas, método de compactación y número de pasadas del equipo.
- Experiencias, con materiales análogos, del método de ejecución propuesto.

Salvo que se aporte suficiente experiencia sobre el método de trabajo propuesto, la aprobación de éste por el Director de las Obras estará condicionada a su ensayo en obra. Dicho ensayo consistirá en la construcción de un tramo experimental con un volumen no inferior a tres mil metros cúbicos (3.000 m<sup>3</sup>), con objeto de comprobar la idoneidad del método propuesto o proceder a adaptarlo al caso considerado. Se harán como mínimo dos (2) tongadas de diez metros (10 m) de anchura.

Durante la construcción del pedraplén experimental se determinará la granulometría del material recién excavado, la del material extendido, y la granulometría y densidad del material compactado. Para determinar estos valores se utilizarán muestras representativas, de volumen no inferior a cuatro metros cúbicos (4 m<sup>3</sup>). Se efectuarán al menos tres (3) ensayos de cada tipo. Asimismo, se inspeccionarán las paredes de las calicatas realizadas en el pedraplén para determinar las características del material compactado. Dichas calicatas afectarán a todo el espesor

de la tongada tendrán un volumen mínimo de cuatro metros cúbicos ( $4 \text{ m}^3$ ), una superficie mínima de cuatro metros cuadrados ( $4 \text{ m}^2$ ) una dimensión mínima en planta superior a cinco (5) veces el tamaño máximo del árido. Se controlarán las deformaciones superficiales del pedraplén, mediante procedimientos topográficos, después de cada pasada del equipo de compactación, y la densidad media y la porosidad del material compactado.

La porosidad del pedraplén experimental compactado ha de ser menor del treinta por ciento ( $n$  30%). Las pasadas del rodillo compactador han de ser como mínimo cuatro (4).

El asiento producido con la última pasada ha de ser inferior al 1 por 100 del espesor de la capa a compactar medido después de la primera pasada.

También se podrá controlar el comportamiento del material en el pedraplén experimental mediante otras técnicas, siempre que sean debidamente aprobadas por el Director de las Obras, tales como:

- Ensayo de carga con placa según NLT 357, siempre que el diámetro de la placa sea superior a cinco (5) veces el tamaño máximo del material del pedraplén experimental. Los resultados a exigir en este ensayo serán indicados en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.
- Ensayo de huella según NLT 256, siempre que la superficie del pedraplén experimental lo permita. En este caso los valores máximos admisibles de la huella serían de tres milímetros (3 mm) para la zona de transición y de cinco milímetros (5 mm) para el resto del pedraplén. El Director de las Obras en función de los resultados del pedraplén experimental podrá prescribir unos valores admisibles de huella inferiores a los indicados.
- Técnicas geofísicas de ondas superficiales con longitudes de onda superiores a diez (10) veces el tamaño máximo del material.

En el caso de pedraplenes no se deben usar los métodos nucleares de medida de densidad y humedad, pues el tamaño de las partículas sólidas y los poros así lo aconseja.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras decidirá sobre la conveniencia de aprobar, modificar o rechazar el método propuesto.

La variación sensible de las características de

los materiales del pedraplén, a juicio del Director de las Obras, exigirá la reconsideración del método de trabajo.

### 331.8. Limitaciones de la ejecución

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su compactación. Si ello no es factible se eliminará el espesor de tongada afectado por el paso del tráfico.

El Director de las Obras deberá tener en cuenta la posibilidad de lluvia y su influencia antes de aprobar el extendido y compactación del relleno.

### 331.9. Tolerancias de las superficies acabadas

Las superficies acabadas del núcleo y de la zona de transición se comprobarán mediante estacas de refino, niveladas con precisión centimétrica, situadas en el eje y en los bordes de perfiles transversales que disten entre sí no más de veinte metros (20 m).

Se hallará la diferencia entre las cotas reales de los puntos estaquillados y sus cotas teóricas, con arreglo al Proyecto, y se determinarán los valores algebraicos extremos de dichas diferencias, para tramos de longitud no inferior a cien metros (100 m). Se considerarán positivas las diferencias de cota correspondientes a puntos situados por encima de la superficie teórica.

Se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Si la semisuma de los valores extremos es positiva, deberá ser menor que la quinta parte (1/5) del espesor de la última tongada.
- Si la semisuma de los valores extremos es negativa, su valor absoluto deberá ser menor que la mitad (1/2) del espesor de la última tongada.
- La semidiferencia de valores extremos deberá ser inferior a cinco centímetros (5 cm) para la superficie del núcleo, y a tres centímetros (3 cm) para la superficie de la zona de transición.

Si no se cumple la primera condición, se excavará la última tongada ejecutada y se construirá



rá otra de espesor adecuado. Si no se cumple la segunda condición, se ejecutará una nueva tongada de espesor adecuado. Si no se cumple la condición tercera se añadirá una capa de nivelación con un espesor mínimo no inferior a quince centímetros (15 cm) sobre el núcleo, o a diez centímetros (10 cm) sobre la zona de transición, constituida por material granular bien graduado, de características mecánicas no inferiores a las del material del pedraplén, y con tamaño máximo según se especifica en el apartado 331.4.3 de este artículo.

### 331.10. Medición y abono

Los pedraplenes se abonarán por metros cúbicos ( $m^3$ ) realmente ejecutados, medidos sobre los planos de perfiles transversales.

Salvo que el Proyecto indique lo contrario, se aplicará el mismo precio unitario a todas las zonas del pedraplén.

Se considerará incluido en el precio del metro cúbico ( $m^3$ ) de pedraplén, el coste adicional de la excavación en roca originado por las pre-

cauciones adoptadas para la obtención de productos pétreos adecuados.

La coronación del pedraplén se considerará incluida en la unidad de terraplén.

No serán de abono los rellenos que fuesen necesarios para restituir la explanación a las cotas proyectadas debido a un exceso de excavación o cualquier otro caso de ejecución incorrecta imputable al Contratista ni las creces no previstas en este Pliego, en el Proyecto o previamente autorizadas por el Director de las Obras, estando el Contratista obligado a corregir dichos defectos sin derecho a percepción adicional alguna.

### Normas de referencia en el artículo 331

NLT 255 Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de desmoronamiento en agua.

NLT 256 Ensayo de huella en terrenos.

NLT 260 Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de los ciclos de humedad-sequedad.

NLT 357 Ensayo de carga con placa.



## 332. *Rellenos localizados* (\*)

### 332.1. Definición

Esta unidad consiste en la extensión y compactación de suelos, procedentes de excavaciones o préstamos, en relleno de zanjas, trasdós de obras de fábrica, cimentación o apoyo de estribos o cualquier otra zona, que por su reducida extensión, compromiso estructural u otra causa no permita la utilización de los mismos equipos de maquinaria con que se lleva a cabo la ejecución del resto del relleno, o bien exija unos cuidados especiales en su construcción.

En la dirección longitudinal de la calzada soportada, los rellenos localizados de trasdós de obra de fábrica, «cuñas de transición», tendrán una longitud mínima de al menos diez metros (10 m) desde el trasdós de la obra de fábrica. Caso de existir losa de transición, dicha longitud mínima habrá de ser además superior a dos (2) veces la dimensión de la losa en la referida dirección longitudinal. A partir de dicha dimensión mínima, la transición entre el relleno localizado y el relleno normal tendrá, siempre en la dirección longitudinal de la calzada soportada, una pendiente máxima de un medio (1V:2H).

No se consideran incluidos dentro de esta unidad los rellenos localizados de material con misión específica drenante, a los que hace referencia el artículo 421, «Rellenos localizados de material drenante» de este Pliego y que se realizarán de acuerdo a este último.

### 332.2. Zonas de los rellenos

En los rellenos localizados que formen parte de la infraestructura de la carretera se distingui-

rán las mismas zonas que en los terraplenes, según el apartado 330.2 de este Pliego.

### 332.3. Materiales

Se utilizarán solamente suelos adecuados y seleccionados según el apartado 330.3 de este Pliego.

Se emplearán suelos adecuados o seleccionados, siempre que su CBR según UNE 103502, correspondiente a las condiciones de compactación exigidas, sea superior a diez (10) y en el caso de trasdós de obra de fábrica superior a veinte (20).

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 332.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Los equipos de extendido, humectación y compactación serán los apropiados para garantizar la ejecución de la obra de acuerdo con las exigencias de este Pliego, del Proyecto y las indicaciones del Director de las Obras.

### 332.5. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

### 332.5.1. Preparación de la superficie de asiento de los rellenos localizados

En las zonas de ensanche o recrecimiento de antiguos rellenos se prepararán éstos a fin de conseguir su unión con el nuevo relleno. Las operaciones encaminadas a tal objeto serán las indicadas en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

Si el material procedente del antiguo talud, cuya remoción sea necesaria, es del mismo tipo que el nuevo y cumple las condiciones exigidas para la zona de relleno de que se trate, se mezclará con el del nuevo relleno para su compactación simultánea; en caso contrario, el Director de las Obras decidirá si dicho material debe transportarse a vertedero.

Cuando el relleno haya de asentarse sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficial o subálvea, se desviarán las primeras y captarán y conducirán las últimas fuera del área donde vaya a construirse el relleno antes de comenzar la ejecución. Estas obras, que tendrán el carácter de accesorias, se ejecutarán con arreglo a lo previsto para tal tipo de obras en el Proyecto o, en su defecto, a las instrucciones del Director de las Obras.

Salvo en el caso de zanjas de drenaje, si el relleno hubiera de construirse sobre terreno inestable, turba o arcilla blanda, se asegurará la eliminación de este material o su estabilización.

### 332.5.2. Extensión y compactación

Los materiales de relleno se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la explanada. El espesor de estas tongadas será lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles, se obtenga en todo su espesor el grado de compactación exigido. Salvo especificación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, el espesor de las tongadas medido después de la compactación no será superior a veinticinco centímetros (25 cm).

Los espesores finales de las tongadas se señalarán y numerarán con pintura, según el caso, en el trasdós de la obra de fábrica, paramentos o cuerpo de la tubería, para el adecuado control de extendido y compactación.

Únicamente se podrá utilizar la compactación manual en los casos previstos en el Proyecto,

y en aquellos que sean expresamente autorizados por el Director de las Obras.

Salvo que el Director de las Obras lo autorice, en base a estudio firmado por técnico competente, el relleno junto a obras de fábrica o entibaciones se efectuará de manera que las tongadas situadas a uno y otro lado de la misma se hallen al mismo nivel. En el caso de obras de fábrica con relleno asimétrico, los materiales del lado más alto no podrán extenderse ni compactarse antes de que hayan transcurrido siete días (7 d) desde la terminación de la fábrica contigua, salvo indicación del Proyecto o autorización del Director de las Obras y siempre previa comprobación del grado de resistencia alcanzado por la obra de fábrica. Junto a las estructuras porticadas no se iniciará el relleno hasta que el dintel no haya sido terminado y haya alcanzado la resistencia que indique el Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras.

El drenaje de los rellenos contiguos a obras de fábrica se ejecutará simultáneamente a dicho relleno, para lo cual el material drenante estará previamente acopiado de acuerdo con las órdenes del Director de las Obras.

Los materiales de cada tongada serán de características uniformes y si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con los medios adecuados.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión.

Una vez extendida cada tongada, se procederá a su humectación, si es necesario. El contenido óptimo de humedad se determinará en obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan de los ensayos realizados.

En los casos especiales en que la humedad del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas, pudiéndose proceder a la desecación por oreo o a la adición y mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas.

Conseguida la humectación más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Las zonas que, por su forma, pudieran retener agua en su superficie, serán corregidas inmediatamente por el Contratista.

Se exigirá una densidad después de la compactación, en coronación, no inferior al 100 por 100 (100%) de la máxima obtenida en el ensayo Próctor modificado según UNE 103501 y, en el resto de las zonas, no inferior al 95 por 100

(95%) de la misma. En todo caso la densidad obtenida habrá de ser igual o mayor que la de las zonas contiguas del relleno.

### 332.5.3. Relleno de zanjas para instalación de tuberías

En el caso de zanja serán de aplicación los apartados anteriores en tanto en cuanto no contraríen a lo expuesto en este apartado, en otro caso será de aplicación lo aquí expuesto.

La decisión sobre la cama de apoyo de la tubería en el terreno, granular o de hormigón, y su espesor, dependerá del tipo de tubo y sus dimensiones, la clase de juntas y la naturaleza del terreno, vendrá definida en el Proyecto o, en su defecto, será establecida por el Director de las Obras.

Una vez realizadas, si procede, las pruebas de la tubería instalada, para lo cual se habrá hecho un relleno parcial de la zanja dejando visibles las juntas, se procederá al relleno definitivo de la misma, previa aprobación del Director de las Obras.

El relleno de la zanja se subdividirá en dos zonas: la zona baja, que alcanzará una altura de unos treinta centímetros (30 cm) por encima de la generatriz superior del tubo y la zona alta que corresponde al resto del relleno de la zanja.

En la zona baja el relleno será de material no plástico, preferentemente granular, y sin materia orgánica. El tamaño máximo admisible de las partículas será de cinco centímetros (5 cm), y se dispondrán en capas de quince a veinte centímetros (15 a 20 cm) de espesor, compactadas mecánicamente hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 95 por 100 (95%) del Próctor modificado según UNE 103501.

En la zona alta de la zanja el relleno se realizará con un material que no produzca daños en la tubería. El tamaño máximo admisible de las partículas será de diez centímetros (10 cm) y se colocará en tongadas pseudoparalelas a la explanada, hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 100 por 100 (100%) del Próctor modificado, según UNE 103501.

En el caso de zanjas excavadas en terraplenes o en rellenos todo-uno la densidad obtenida después de compactar el relleno de la zanja habrá de ser igual o mayor que la de los materiales contiguos. En el caso de zanjas sobre terrenos naturales o sobre pedraplenes, este objetivo habrá de alcanzarse si es posible. En caso contrario, se estará a lo indicado por el Proyecto o, en su de-

fecto, por el Director de las Obras, pero en ningún caso, por debajo de los valores mínimos de densidad indicados en los párrafos anteriores de este Pliego.

Se prestará especial cuidado durante la compactación de los rellenos, de modo que no se produzcan ni movimientos ni daños en la tubería, a cuyo efecto se reducirá, si fuese necesario, el espesor de las tongadas y la potencia de la maquinaria de compactación.

Cuando existan dificultades en la obtención de los materiales indicados o de los niveles de compactación exigidos para la realización de los rellenos, el Contratista podrá proponer al Director de las Obras, una solución alternativa sin sobrecoste adicional.

### 332.6. Limitaciones de la ejecución

Los rellenos localizados se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a dos grados Celsius (2 °C); debiendo suspenderse los trabajos cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite.

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su compactación.

### 332.7. Medición y abono

Los rellenos localizados se abonarán por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) medidos sobre los planos de perfiles transversales.

El precio incluye la obtención del suelo, cualquiera que sea la distancia del lugar de procedencia, carga y descarga, transporte, colocación, compactación y cuantos medios, materiales y operaciones intervienen en la completa y correcta ejecución del relleno, no siendo, por lo tanto, de abono como suelo procedente de préstamos, salvo especificación en contra.

El precio será único, cualquiera que sea la zona del relleno y el material empleado, salvo especificación en contra del Proyecto.

### Normas de referencia en el artículo 332

UNE 103 501 Geotecnia. Ensayo de compactación. Próctor Modificado.

UNE 103 502 Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice CBR de un suelo.

# 333. *Rellenos todo-uno* (\*)

## 333.1. Definición

Esta unidad consiste en la extensión y compactación por tongadas de materiales, cuyas características serán las indicadas en el apartado 333.4 de este artículo, con destino a crear una plataforma sobre la que se asienten la explanada y firme de una carretera. El área de trabajo será suficiente para el empleo de maquinaria pesada.

Su ejecución comprende las siguientes operaciones:

- Preparación de la superficie de apoyo del relleno todo-uno.
- Excavación, carga y transporte del material.
- Extensión y compactación del material en tongadas.

Esta última operación se reiterará cuantas veces sea preciso.

Se excluye de esta unidad las operaciones necesarias para la ejecución de la coronación del relleno que se define en el apartado 333.3 de este artículo.

## 333.2. Zonas del relleno todo-uno

En los rellenos todo-uno se distinguirán las siguientes zonas:

- Transición: Formada por la parte superior del relleno todo-uno, con un espesor de al menos dos (2) tongadas y como mínimo de un metro (1 metro), a no ser que en el proyecto se indiquen expresamente otros valores.

- Núcleo: Parte del relleno todo-uno comprendida entre el cimientado y la zona de transición.
- Cimiento: Formada por la parte inferior del relleno todo-uno en contacto con la superficie de apoyo. El espesor será como mínimo de un metro (1 metro) o la máxima altura libre desde la superficie de apoyo hasta la zona de transición, cuando dicha altura libre fuera inferior a un metro (1 metro).
- Espaldones: Son las partes exteriores del relleno todo-uno que ocasionalmente constituyen o forman parte de los taludes del mismo.
- Zonas especiales: Son zonas del relleno todo-uno con características especiales, tales como zonas inundables, etc. De existir, el proyecto deberá fijar sus características y dimensiones.

## 333.3. Coronación del relleno todo-uno

Se entiende por coronación la zona comprendida entre la transición del relleno todo-uno y la superficie de la explanada. Sus dimensiones y características serán las definidas en el artículo 330, «Terraplenes» de este pliego para la coronación de terraplenes.

## 333.4. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

(\*) Artículo incorporado por la OC 326/2000 y, posteriormente, por la OM FOM 1382/2002.

### 333.4.1. Procedencia

Los materiales a emplear procederán de la excavación de la explanación. Excepcionalmente, los materiales podrán proceder también de préstamos.

Las zonas concretas a excavar para la obtención de materiales serán las indicadas por el proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

### 333.4.2. Granulometría

El material para rellenos todo-uno será aquel que tenga condiciones granulométricas intermedias entre las necesarias para ser considerado material para pedraplén (artículo 331) y material para terraplén (artículo 330). Es decir, aquellos que cumplen las condiciones siguientes:

- Materiales cuyo contenido en finos (material que pasa por el tamiz 0,080 UNE) es inferior al treinta y cinco por ciento (35%) y cuyo contenido de partículas que pasen por el tamiz 20 UNE es inferior o igual al setenta por ciento (70%) y superior o igual al treinta por ciento (30%), según UNE 103101.
- Materiales cuyo contenido en peso de partículas que pasan por el tamiz 20 UNE es inferior al treinta por ciento (30%), pero tienen un contenido en finos (material que pasa por el tamiz 0,080 UNE) superior o igual al diez por ciento (10%) según UNE 103101.

Además, también se consideran materiales para rellenos todo-uno aquellos que cumplen las condiciones granulométricas de pedraplén, pero en los que el tamaño máximo es inferior a cien milímetros (100 mm).

Las condiciones granulométricas anteriores corresponden al material compactado y los porcentajes se refieren al peso total de la muestra.

Los materiales para rellenos todo-uno que no cumpliendo los requisitos necesarios para ser utilizados como material para terraplenes ni para pedraplenes, cumplan las condiciones granulométricas anteriores pero que tengan un tamaño máximo superior a trescientos milímetros (300 mm), requieren un estudio especial, aprobado por el Director de las Obras, para su utilización en rellenos todo-uno.

### 333.4.3. Calidad del material

Para su empleo en rellenos todo-uno, los materiales se clasifican según el tipo de roca del que proceden, en los siguientes grupos:

#### Rocas estables

Se consideran rocas estables aquellas que teniendo una composición mineralógica estable químicamente, también lo son frente a la acción del agua.

Se consideran rocas estables frente al agua las que sometidas a un ensayo de desmoronamiento, según NLT 255, no manifiestan fisuración y la pérdida de peso es inferior al dos por ciento (2%).

#### Rocas evolutivas

Son aquellas que sometidas a un ensayo de desmoronamiento según NLT 255, manifiestan fisuración o desintegración, o la pérdida de peso que sufren es superior al dos por ciento (2%).

En general estarán constituidas por rocas ígneas alteradas y rocas sedimentarias o metamórficas poco compactas o arcillosas.

En el caso de rocas evolutivas, si la fracción que pasa por el tamiz 20 UNE tuviera las características de suelos marginales e inadecuados según el artículo 330, «Terraplenes» de este pliego se clasificarán como «rocas marginales» y, para su utilización, será necesario un estudio especial, aprobado por el Director de las Obras, que, teniendo en cuenta el porcentaje de finos, los agentes externos y la zona dentro del relleno, permita definir la forma de puesta en obra.

#### Rocas con sulfuros oxidables

Las rocas que al ensayarse según UNE EN 1744-1, se determine que contienen piritas u otros sulfuros oxidables se considerarán «rocas marginales» y para su uso será necesario un estudio especial, aprobado por el Director de las Obras, sobre su degradación y el posible ataque a las obras de fábrica de las aguas con ácido sulfúrico, generado por las piritas al oxidarse los sulfuros.

### **Rocas con minerales solubles**

Los minerales solubles que aquí se contemplan, son el yeso y otras sales como el cloruro sódico, sulfato magnésico, etc.

Las rocas con contenido de sales solubles en agua determinado según NLT 114, diferentes del yeso, superior al uno por ciento (1%), se considerarán rocas marginales y para su uso será necesario un estudio especial aprobado por el Director de las Obras.

Las rocas con contenido en yeso según NLT 115, menor o igual que el cinco por ciento (5%) se pueden utilizar sin precauciones adicionales.

Cuando el contenido en yeso esté entre el cinco y el veinte por ciento (5 y 20%), solamente se utilizarán en el núcleo, haciendo espaldones que impidan la circulación del agua hacia el interior.

Las rocas con contenidos en yeso por encima del veinte por ciento (20%) se considerarán rocas marginales y su uso requiere un estudio especial aprobado por el Director de las Obras.

### **Rocas con minerales combustibles**

Se contemplan aquí esencialmente los denominados estériles del carbón. Cuando el contenido en materia orgánica sea superior al dos por ciento (2%) se considerarán rocas marginales y para su uso será necesario un estudio especial aprobado por el Director de las Obras.

#### **333.4.4. Estudios especiales**

Las rocas marginales, según lo definido en el punto anterior, podrán utilizarse en algunas zonas de la obra siempre que su uso se justifique mediante estudio especial, aprobado por el Director de las Obras.

El Director de las Obras tendrá facultad para exigir los estudios especiales que estime oportunos sobre los materiales a utilizar cuando así lo aconseje la experiencia local.

Este estudio de usos de materiales marginales deberá contemplar explícitamente y con detalle al menos los siguientes aspectos:

- Determinación y valoración de las propiedades que confieren al material su carácter de marginal.
- Influencia de dichas características en los diferentes usos del material dentro de la obra.

- Posible influencia en el comportamiento o evolución de otras zonas o elementos de la obra.
- Estudio pormenorizado en donde se indique las características resistentes del material y los asentamientos totales y diferenciales esperados, así como la evolución futura de estas características.
- Conclusión justificada de los posibles usos del material en estudio.
- Cuidados, disposiciones constructivas y prescripciones técnicas a adoptar para los diferentes usos del material marginal dentro de la obra.

### **333.5. Empleo**

#### **333.5.1. Empleo de los materiales pétreos**

El proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras, definirá los lugares concretos a que deben destinarse los materiales procedentes de cada zona de excavación.

#### **333.5.2. Eliminación de materiales inadecuados al excavar**

Antes de iniciarse la excavación de los materiales pétreos se eliminará la montera de suelo vegetal que recubre la zona a excavar.

Se eliminarán asimismo las zonas de terreno inadecuado que aparezcan en el interior del mazo durante la excavación de éste.

### **333.6. Equipo necesario para la ejecución de las obras**

Los equipos de transporte, extendido, humectación y compactación serán suficientes para garantizar la ejecución de la obra de acuerdo con las exigencias de este pliego y deberán asimismo ser aprobados expresamente por el Director de las Obras, previa propuesta del Contratista.

### **333.7. Ejecución de las obras**

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental,



de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 333.7.1. *Preparación de la superficie de asiento del relleno tipo todo-uno*

Si el relleno tipo todo-uno se construye sobre terreno natural, se efectuará en primer lugar, de acuerdo con lo estipulado en los artículos 300, «Desbroce del terreno» y 320, «Excavación de la explanación y préstamos» de este pliego, el desbroce del citado terreno. En función de la necesidad de su utilización posterior, se eliminará la capa de tierra vegetal y se procederá a su almacenamiento en condiciones adecuadas para evitar su deterioro.

Sin embargo, el proyecto o el Director de las Obras, de acuerdo con lo indicado en el apartado 300.2.1 de este pliego, podrán eximir de la eliminación de esa capa de tierra vegetal en rellenos tipo todo-uno de más de diez metros (10 metros) de altura donde los asientos a que pueden dar lugar, en particular los diferidos, sean pequeños, comparados con los totales del relleno y siempre que su presencia no implique riesgo de inestabilidad.

En rellenos tipo todo-uno sobre suelos compresibles y de baja resistencia, sobre todo en el caso de suelos orgánicos, la vegetación podrá mejorar la sustentación de la maquinaria de movimiento de tierras y facilitar las operaciones de compactación de las primeras tongadas. En estos casos el proyecto o el Director de las Obras definirá su posible conservación.

Cuando lo indique el proyecto, se extenderán materiales tipo pedraplén, según lo indicado en el artículo 331, «Pedraplén» de este pliego, o geotextiles que permitan o faciliten la puesta en obra de las primeras tongadas del relleno.

Tras el desbroce, se procederá a la excavación y extracción del material que se considere necesario para constituir la superficie de apoyo, en la extensión y profundidad especificadas en el proyecto.

Una vez alcanzada la cota del terreno sobre la que finalmente se apoyará el relleno, se escarificará esa zona de apoyo, de acuerdo con la profundidad prevista en el proyecto y en el artículo 302 «Escarificación y compactación» de este pliego. Se compactará con las condiciones exigidas para el cimientado del relleno tipo todo-uno, siempre que estas operaciones no empeoren la calidad del terreno de apoyo en su estado natural.

Si el relleno tipo todo-uno se construye sobre un firme existente, se escarificará y compactará éste según lo indicado en el artículo 303, «Escarificación y compactación del firme existente» de este pliego.

En las zonas de ensanche o recrecimiento de antiguos rellenos se prepararán éstos, mediante banquetas u otras actuaciones pertinentes, a fin de conseguir su unión con el nuevo relleno. Las operaciones encaminadas a tal objeto serán las indicadas en el proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras. Si el material del antiguo relleno es del mismo tipo que el nuevo y cumple las condiciones exigidas para éste, se mezclará con el del nuevo relleno para su compactación simultánea; en caso contrario, será transportado a vertedero.

Cuando el relleno tipo todo-uno haya de asentarse sobre un terreno en el que exista agua superficial, se conducirá el agua fuera del área donde vaya a construirse, antes de comenzar su ejecución, mediante obras que podrán tener el carácter de accesorias, y que se ejecutarán con arreglo a lo previsto para tal tipo de obras en el proyecto o, en su defecto, siguiendo las instrucciones del Director de las Obras.

Las tongadas susceptibles de saturarse durante la vida del relleno tipo todo-uno se construirán, de acuerdo con el proyecto, con un material que tenga un comportamiento aceptable bajo dicha acción (erosión, expansión y colapso, etc.).

Las transiciones de desmote a relleno tipo todo-uno, tanto transversal como longitudinalmente, se realizarán de la forma más suave posible, según lo indicado en proyecto, en su defecto, excavando el terreno de apoyo hasta conseguir una pendiente no mayor de un medio (1V:2H), que se mantendrá hasta alcanzar una profundidad por debajo de la explanada de al menos un metro (1 metro), o el espesor de dos (2) tongadas.

En los rellenos tipo todo-uno situados a media ladera, se escalonará la pendiente natural del terreno de acuerdo con lo indicado en el proyecto.

Las banquetas así originadas deberán quedar apoyadas en terreno suficientemente firme. Su anchura y pendiente deberán ser tales que la maquinaria pueda trabajar con facilidad en ellas.

En general y especialmente en las medias laderas donde, a corto o largo plazo, se prevea la presencia de agua en la zona de contacto del terreno con el relleno, se deberán ejecutar en planta y profundidad las obras necesarias, recogidas en el proyecto, para mantener drenado dicho contacto.

Dado que las operaciones de desbroce, escarificado y escalonado de las pendientes dejan la



superficie de terreno fácilmente erosionable por los agentes atmosféricos, estos trabajos no deberán llevarse a cabo hasta el momento preciso y en las condiciones oportunas para reducir al mínimo el tiempo de exposición, salvo que se recurra a protecciones de dicha superficie. La posibilidad de aterramientos de los terrenos del entorno y otras afecciones indirectas deberán ser contempladas en la adopción de estas medidas de protección.

### **333.7.2. Excavación, carga y transporte del material**

Los trabajos de excavación se ejecutarán de manera que la granulometría y forma de los materiales resultantes sean adecuados para su empleo en rellenos todo-uno, con arreglo a este artículo.

En caso necesario, después de la excavación, se procederá a la eliminación o troceo de los elementos singulares que tengan formas o dimensiones inadecuadas, según indique el Director de las Obras.

La carga de los productos de excavación y su transporte al lugar de empleo se llevará a cabo de forma que se evite la segregación del material.

### **333.7.3. Extensión de las tongadas**

Una vez preparada la base de apoyo del relleno tipo todo-uno, se procederá a la construcción del mismo, empleando los materiales que se han definido anteriormente, los cuales serán extendidos en tongadas sucesivas, de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la explanada.

El espesor de las tongadas será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga en toda la tongada el grado de compacidad deseado.

Dicho espesor, en general y salvo especificación en contra del proyecto o del Director de las Obras, será de cuarenta centímetros (40 cm) y en todo caso superior a tres medios (3/2) del tamaño máximo del material a utilizar. Salvo autorización expresa del Director de las Obras, el espesor máximo de las tongadas, una vez compactadas, no será superior a sesenta centímetros (60 cm). En caso de usarse tongadas de espesor superior a cuarenta centímetros (40 cm), los posteriores ensayos de humedad y

densidad indicados en el apartado 333.7.6 de este artículo, habrán de realizarse de forma que sean representativos de dichos valores en el fondo de capa.

El material de cada tongada se descargará en obra sobre la parte ya extendida de dicha tongada y cerca de su frente de avance. Desde esta posición será empujado hasta el frente de la tongada y extendido a continuación de éste mediante tractor equipado con pala de empuje, realizándose la operación de forma que se corrijan las posibles segregaciones del material.

Los rellenos tipo todo-uno sobre zonas de escasa capacidad de soporte, se iniciarán vertiendo las primeras capas con el espesor mínimo necesario para soportar las cargas que produzcan los equipos de movimiento y compactación de tierras.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al cuatro por ciento (4 por 100), para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar la concentración de vertidos. Se procederá a la construcción de caballones en los bordes de las tongadas que conduzcan las aguas hacia bajantes provisionales que controlen las aguas de escorrentía provenientes de la superficie expuesta del relleno, así como a la adopción de las medidas protectoras del entorno frente a la acción de este agua previstas en el proyecto o indicadas por el Director de las Obras.

Salvo prescripciones en contra del proyecto o del Director de las Obras, los equipos de transporte del material y extensión del mismo operarán sobre todo el ancho de cada capa y, en general, en el sentido longitudinal de la vía.

Deberá conseguirse que todo el perfil del relleno tipo todo-uno quede debidamente compactado, para lo cual, se podrá dar un sobreebancho a la tongada del orden de un metro (1 metro), que permita el acercamiento del compactador al borde, y después recortar el talud. En todo caso no serán de abono estos sobreebanchos.

### **333.7.4. Compactación**

El método de compactación elegido deberá garantizar la obtención de las compacidades mínimas necesarias. Con este objeto deberá elegirse adecuadamente, para cada zona del relleno, la granulometría del material, la humedad adecuada, el espesor de tongada, el tipo de maqui-

naria de compactación y el número de pasadas del equipo. Estas variables se determinarán a la vista de los resultados obtenidos durante la puesta a punto del método de trabajo, según se indica en el apartado 333.7.5 de este artículo.

En rellenos procedentes de rocas friables, se puede aumentar la compacidad con una trituración inicial del material, utilizando en las primeras pasadas un rodillo de «pata de cabra» adecuado.

Si en la compactación se utilizan rodillos vibratorios, el peso estático del equipo no deberá ser inferior a diez toneladas (10 toneladas).

Las zonas de trasdós de obra de fábrica, zanjas y aquellas, que por su reducida extensión u otras causas, no puedan compactarse con los medios habituales, tendrán la consideración de rellenos localizados y se estará a lo expuesto en el artículo 332, «Rellenos localizados» de este pliego.

### 333.7.5. Puesta a punto del método de trabajo

El Contratista propondrá por escrito al Director de las Obras el método de construcción que considere más adecuado para cada tipo de material a emplear, de manera que se cumplan las prescripciones indicadas en este pliego. En la propuesta se especificará:

- Características de toda la maquinaria a utilizar.
- Método de excavación, carga y transporte de los materiales.
- Método de extensión
- Espesor de tongadas, método de compactación y número de pasadas del equipo.
- Procedimiento de ajuste de la humedad.
- Experiencias, con materiales análogos, del método de ejecución propuesto.
- Posible beneficio o aumento de la compactación por riego posterior a la compactación de la tongada.

La aprobación por el Director de las Obras del método de trabajo propuesto, estará condicionada a su ensayo en obra. Dicho ensayo consistirá en la construcción de un tramo experimental con un volumen no inferior a tres mil metros cúbicos (3.000 m<sup>3</sup>), con objeto de comprobar la idoneidad del método propuesto o proceder a adaptarlo al caso consi-

derado. Como mínimo se harán tres (3) tongadas con una anchura mínima de ocho metros (8 metros).

Durante la construcción del relleno todo-uno experimental se determinará la granulometría del material recién excavado, la del material extendido, y la granulometría, humedad y densidad seca del material compactado. Para determinar estos valores se utilizarán muestras representativas, de volumen no inferior a un metro cúbico (1 m<sup>3</sup>). Se efectuarán al menos cinco (5) ensayos de cada tipo. Asimismo, se inspeccionarán las paredes de las calicatas realizadas en el relleno todo-uno para determinar las características del material compactado. Dichas calicatas afectarán a todo el espesor de la tongada y tendrán una superficie mínima de un metro cuadrado (1 m<sup>2</sup>).

Se determinarán, mediante procedimientos topográficos, las deformaciones superficiales del relleno todo-uno después de cada pasada del equipo de compactación, y la densidad media del material compactado. Además, se realizarán ensayos de huella, según NLT 256.

También se podrá controlar el comportamiento del material mediante otras técnicas, siempre que sean debidamente aprobadas por el Director de las Obras, tales como: Ensayo de carga con placa según NLT 357, siempre que el diámetro de la placa sea superior a cinco (5) veces el tamaño máximo del material del todo-uno, y técnicas geofísicas de ondas superficiales, con longitudes de onda superiores a diez (10) veces el tamaño máximo del material.

La densidad seca del relleno compactado ha de ser como mínimo el noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad seca máxima que se puede conseguir con el material del relleno que pasa por el tamiz 20 UNE, en el ensayo Próctor modificado UNE 103501.

Las pasadas del rodillo compactador han de ser como mínimo cuatro (4), y el asiento producido con la última pasada ha de ser inferior al uno por ciento (1%) del espesor de la capa a compactar medido después de la primera pasada.

El ensayo de huella en la zona de transición dará un asiento medio igual o menor de tres milímetros (3 mm). En el resto del relleno este asiento así medido será inferior a cinco milímetros (5 mm). El asiento en el ensayo de huella se medirá conforme a NLT 256. En caso de que los valores de huella obtenidos en el relleno todo-uno de ensayo, para conseguir las otras condiciones señaladas sean inferiores a los indicados,

se prescribirán los mínimos obtenidos para el control de calidad del relleno.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras decidirá sobre la conveniencia de aprobar, modificar o rechazar el método propuesto.

La variación sensible de las características de los materiales del relleno todo-uno, a juicio del Director de las Obras, exigirá la reconsideración del método de trabajo.

### 333.7.6. Control de compactación

Durante la ejecución de las tongadas, se controlará que el procedimiento operativo es el aprobado en el método experimental en lo que se refiere a maquinaria, espesor de tongadas, métodos de ajuste de humedad, tamaño máximo del material y número de pasadas.

Además, después de compactar las tongadas, se controlará el resultado obtenido mediante el ensayo de huella según NLT 256 y medida de densidad según se expone en los puntos siguientes:

#### a) Definición de lote

Dentro del tajo a controlar se define como «lote», que se aceptará o rechazará en conjunto, al menor que resulte de aplicar a una sola tongada del relleno los siguientes criterios:

- Una longitud de carretera (una sola calzada en el caso de calzadas separadas) igual a quinientos metros (500 m).
- En el caso de la transición una superficie de tres mil quinientos metros cuadrados ( $3.500 \text{ m}^2$ ) y en el resto de las zonas, una superficie de cinco mil metros cuadrados ( $5.000 \text{ m}^2$ ) si el relleno todo-uno es de menos de cinco metros (5 m) de altura y de diez mil metros cuadrados ( $10.000 \text{ m}^2$ ) en caso contrario. Descontando siempre en el conjunto de estas superficies unas franjas de dos metros (2 m) de ancho en los bordes del relleno y los rellenos localizados según lo definido en el artículo 332, «Rellenos localizados» de este Pliego.
- La fracción construida diariamente.
- La fracción construida con el mismo material, del mismo préstamo y con el mismo equipo y procedimiento de compactación.

- Nunca se escogerá un lote compuesto por fracciones correspondientes a días ni tongadas distintas, siendo por tanto entero el número de lotes escogido por cada día y tongada.

#### b) Muestras y ensayos a realizar en cada lote

Dentro de la zona definida por el lote se escogerán las siguientes muestras independientes:

- Muestra de superficie: Conjunto de cinco (5) puntos, tomados en forma aleatoria de la superficie definida como lote. En cada uno de estos puntos se realizarán ensayos de humedad y densidad.
- Muestra de borde: En cada una de las bandas de borde se fijará un punto por cada cien metros (100 m) o fracción. Estas muestras son independientes de las anteriores e independientes entre sí. En cada uno de estos puntos se realizarán ensayos de humedad y densidad.
- Determinación de deformaciones: En la zona de transición se harán dos (2) ensayos de huella según NLT 256 por cada uno de los lotes definidos con anterioridad, en el resto de las zonas podrá bastar con un (1) ensayo de huella por lote, salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras.

La determinación de deformaciones habrá de realizarse siempre sobre el material en las condiciones de densidad y humedad exigidas, en particular el ensayo de huella habrá de ejecutarse nada más terminar la compactación de la capa correspondiente, evitando especialmente la formación de una costra superior de material desecado. En caso de duda, y en cualquier caso que el Director de las Obras así lo indique, dicho aspecto habrá de comprobarse e incluso podrá obligar a eliminar la costra superior de material desecado antes de realizar el ensayo.

Para medir la densidad seca «in situ» podrán emplearse procedimientos de sustitución (método de la arena UNE 103503, etc.). El uso de otros métodos de alto rendimiento tales como los nucleares no es a priori recomendable y estará, en todo caso, sometido a la aprobación del Director de las Obras, previos ensayos de correlación y calibración satisfactorios con otros métodos adecuados. Dicha calibración se comprobará al menos una (1) vez cada cinco (5) lotes consecutivos.

### 333.7.6.1. Análisis de los resultados

Para la aceptación de la compactación de un (1) lote el valor medio de la densidad y al menos un 60% de los valores de cada una de las muestras individuales habrá de ser superior al exigido en el apartado 333.7.5 de este artículo o en Proyecto. El resto de las muestras individuales no podrán tener una densidad inferior en más de treinta kilogramos por metro cúbico ( $30 \text{ kg/m}^3$ ) a la admisible.

El incumplimiento de lo anterior dará lugar a la recompactación de la zona superficial o de borde de la cual la muestra es representativa.

En caso de no cumplirse, en cualquiera de los dos (2) ensayos del lote los valores de huella indicados por el Director de las Obras en función de los resultados del relleno todo-uno de ensayo, se procederá asimismo a recompactar el lote.

En casos dudosos puede ser aconsejable aumentar la intensidad del control para disminuir la frecuencia e incidencia de situaciones inaceptables o los tramos de lotes a rechazar.

### 333.8. Limitaciones de la ejecución

Los rellenos tipo todo-uno con un porcentaje de finos entre 10 y 35 por 100 se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a dos grados Celsius ( $2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Los trabajos se deben suspender cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite, salvo que se justifique adecuadamente y sea aprobada explícitamente por el Director de las Obras la viabilidad de la puesta en obra y la consecución de las características exigidas. El Director de las Obras deberá tener en cuenta la influencia de las lluvias antes de aprobar el extendido y compactación del relleno.

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su compactación. Si ello no es factible, se eliminará el espesor de tongada afectado por el paso del tráfico.

### 333.9. Tolerancias de las superficies acabadas

Las superficies acabadas del núcleo y de la zona de transición se comprobarán mediante estacas de refino, niveladas con precisión centimétrica, situadas en el eje y en los bordes de perfi-

les transversales que disten entre sí no más de veinte metros (20 m).

Se hallará la diferencia entre las cotas reales de los puntos estaquillados y sus cotas teóricas, con arreglo al Proyecto, y se determinarán los valores algebraicos extremos de dichas diferencias, para tramos de longitud no inferior a cien metros (100 m). Se considerarán positivas las diferencias de cota correspondientes a puntos situados por encima de la superficie teórica.

Se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Si la semisuma de los valores extremos es positiva, deberá ser menor que la quinta parte ( $1/5$ ) del espesor de la última tongada.
- Si la semisuma de los valores extremos es negativa, su valor absoluto deberá ser menor que la mitad ( $1/2$ ) del espesor de la última tongada.
- La semidiferencia de valores extremos deberá ser inferior a cinco centímetros (5 cm) para la superficie del núcleo, y a tres centímetros (3 cm) para la superficie de la zona de transición.

Si no se cumple la primera condición, se excavará la última tongada ejecutada y se construirá otra de espesor adecuado. Si no se cumple la segunda condición, se ejecutará una nueva tongada de espesor adecuado. Si no se cumple la condición tercera se añadirá una capa de nivelación con un espesor mínimo no inferior a quince centímetros (15 cm) sobre el núcleo, o a diez centímetros (10 cm) sobre la zona de transición, constituida por material granular bien graduado, de características mecánicas no inferiores a las del material del relleno todo-uno, y con tamaño máximo de diez centímetros (10 cm) en el caso del núcleo o de seis centímetros (6 cm), en el caso de zona de transición.

### 333.10. Medición y abono

Los rellenos todo-uno se abonarán por metros cúbicos ( $\text{m}^3$ ) realmente ejecutados, medidos sobre los planos de perfiles transversales.

Salvo que el Proyecto indique lo contrario, se aplicará el mismo precio unitario a todas las zonas del relleno todo-uno.

Se considerará incluido en el precio del metro cúbico ( $\text{m}^3$ ) de rellenos todo-uno el coste adicional de la excavación en roca originado por las precauciones adoptadas para la obtención de productos pétreos adecuados.

La coronación del relleno todo-uno se considerará incluida en la unidad de terraplén.

No serán de abono los rellenos que fuesen necesarios para restituir la explanación a las cotas proyectadas debido, a un exceso de excavación o cualquier otro defecto de construcción imputable al Contratista ni las creces no previstas en este Pliego, en el Proyecto o previamente autorizadas por el Director de las Obras, estando el Contratista obligado a corregir dichos defectos sin derecho a percepción adicional alguna.

### **Normas de referencia en el artículo 333**

UNE 103101 Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

UNE 103501 Geotecnia. Ensayo de compactación. Próctor modificado.

UNE 103503 Determinación «in situ» de la densidad de un suelo por el método de la arena.

UNE EN 1744-1 Ensayo para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.

NLT 114 Determinación del contenido de sales solubles en los suelos.

NLT 115 Contenido de yeso en suelos.

NLT 255 Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de desmoronamiento en agua.

NLT 256 Ensayo de huella en terrenos.

NLT 357 Ensayo de carga con placa.

# 340. *Terminación y refino de la explanada* (\*)

## 340.1. Definición

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir el acabado geométrico de la explanada.

## 340.2. Ejecución de las obras

Las obras de terminación y refino de la explanada, se ejecutarán con posterioridad a la explanación y construcción de drenes y obras de fábrica que impidan o dificulten su realización. La terminación y refino de la explanada se realizará inmediatamente antes de iniciar la construcción del firme, pavimentación u otras obras de superestructura.

Cuando haya de procederse a un recrecido de espesor inferior a un medio (1/2) de la tongada compactada, se procederá previamente a un escarificado de todo el espesor de la misma, con objeto de asegurar la trabazón entre el recrecido y su asiento.

La capa de coronación de la explanada tendrá como mínimo el espesor indicado en el Proyecto, no siendo admisible en ningún punto de la misma, espesores inferiores.

No se extenderá ninguna capa del firme sobre la explanada sin que se comprueben las condiciones de calidad y características geométricas de ésta.

Una vez terminada la explanada, deberá conservarse con sus características y condiciones hasta la colocación de la primera capa de firme o hasta la recepción de las obras cuando no se dispongan otras capas sobre ella. Las cunetas deberán estar en todo momento limpias y en perfecto estado de funcionamiento.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental,

de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

## 340.3. Tolerancias de acabado

En la explanada se dispondrán estacas de refino a lo largo del eje y en ambos bordes de la misma, con una distancia entre perfiles transversales no superior a veinte metros (20 m), y niveladas con precisión milimétrica con arreglo a los planos. Entre estacas, los puntos de la superficie de explanación no estarán, en ningún punto más de tres centímetros (3 cm) por encima ni por debajo de la superficie teórica definida por las estacas.

La superficie acabada no deberá variar en más de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con la regla de tres metros (3 m), estática según NLT 334 aplicada tanto paralela como normalmente al eje de la carretera. Tampoco podrá haber zonas capaces de retener agua.

Las irregularidades que excedan de las tolerancias antedichas serán corregidas por el Contratista a su cargo, de acuerdo con lo que señala este Pliego.

## 340.4. Medición y abono

La terminación y refino de la explanada se considerará incluida dentro de las unidades de excavación, terraplén, relleno todo-uno o pedraplén, según sea el caso.

## Normas de referencia en el artículo 340

NLT 334 Medida de la irregularidad superficial de un pavimento mediante la regla de tres metros estática o radante.

(\*) Artículo modificado por la OM 1382/2002.



# 341. Refino de taludes (\*)

## 341.1. Definición

Consiste en las operaciones necesarias para conseguir el acabado geométrico de los taludes de terraplenes y capa de coronación de rellenos todo-uno y pedraplenes, así como de los taludes de desmonte no incluidos en el artículo 322, «Excavación especial de taludes en roca», de este Pliego.

## 341.2. Ejecución de las obras

Las obras de refino de taludes se ejecutarán con posterioridad a la construcción de drenes y obras de fábrica que impidan o dificulten su realización. Asimismo, en general y cuando así sea posible, se ejecutarán con posterioridad a la explanación.

Cuando la explanación se halle muy avanzada y el Director de las Obras lo ordene, se procederá a la eliminación de la superficie de los taludes de cualquier material blando, inadecuado o inestable, que no se pueda compactar debidamente o no sirva a los fines previstos. Los huecos resultantes se rellenarán con materiales adecuados, de acuerdo con las indicaciones del Director de las Obras.

En caso de producirse un deslizamiento o proceso de inestabilidad en el talud de un relleno, deberá retirarse y sustituirse el material afectado por el mismo, y reparar el daño producido en la obra. La superficie de contacto entre el material sustituido y el remanente en el talud, deberá perfilarse de manera que impida el desarrollo de inestabilidades a favor de la misma. Posteriormente deberá

perfilarse la superficie del talud de acuerdo con los criterios definidos en este artículo.

Los taludes de la explanación deberán quedar, en toda su extensión, conformados de acuerdo con el Proyecto y las órdenes complementarias del Director de las Obras, debiendo mantenerse en perfecto estado hasta la recepción de las obras, tanto en lo que se refiere a los aspectos funcionales como a los estéticos.

Los perfilados de taludes que se efectúen para armonizar con el paisaje circundante deben hacerse con una transición gradual, cuidando especialmente las transiciones entre taludes de distinta inclinación. En las intersecciones entre desmonte y relleno, los taludes se alabearán para unirse entre sí y con la superficie natural del terreno, sin originar una discontinuidad visible.

Los fondos y cimas de los taludes, excepto en desmontes en roca dura, se redondearán, ajustándose al Proyecto e instrucciones del Director de las Obras. Las monteras de tierra sobre masas de roca se redondearán por encima de éstas.

El refino de taludes de rellenos en cuyo borde de coronación se haya permitido embeber material de tamaño grueso, deberá realizarse sin descalzarlo permitiendo así que el drenaje superficial se encargue de seguir fijando dicho material grueso.

El acabado de los taludes será suave, uniforme y totalmente acorde con la superficie del terreno y la carretera, sin grandes contrastes, y ajustándose al Proyecto, procurando evitar daños a árboles existentes o rocas que tengan pátina, para lo cual deberán hacerse los ajustes necesarios.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM/1382/2002.



### 341.3. Medición y abono

Sólo se abonará esta unidad cuando exista precio independiente para ella en el Proyecto. De no ser así, se considerará incluida dentro de

las unidades de excavación, relleno tipo terraplén, todo-uno o pedraplén, según sea el caso.

Cuando exista precio independiente, el refino de taludes se abonará por metros cuadrados ( $m^2$ ) realmente realizados medidos sobre los Planos de perfiles transversales.

---

*DRENAJE*

*Parte*  
**4**

# 400. Cunetas de hormigón ejecutadas en obra (\*)

## 400.1. Definición

**Cuneta de hormigón ejecutada en obra** es una zanja longitudinal abierta en el terreno junto a la plataforma, con el fin de recibir y canalizar las aguas de lluvia, que se reviste «in situ» con hormigón, colocado sobre un lecho de asiento convenientemente preparado.

La forma, dimensiones, tipo y demás características, se ajustaran a lo que figure en la Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial y en el Proyecto.

## 400.2. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

### 400.2.1. Hormigón

El hormigón utilizado en el revestimiento, y sus componentes, cumplirán con carácter general lo exigido por las vigentes:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).
- Instrucción para la Recepción de Cementos.
- Artículos 610 «Hormigones» y 630 «Obras de hormigón en masa o armado» de este Pliego.

La resistencia característica a compresión del hormigón no será inferior a veinte megapascuales (20 MPa), a veintiocho días (28 d).

### 400.2.2. Otros materiales

Los restantes materiales a emplear en esta unidad de obra, tales como rellenos, juntas, etc., cumplirán lo especificado en el Proyecto.

Los materiales de sellado a emplear en las juntas previa aceptación por el Director de las Obras, podrán ser productos bituminosos, productos elastoméricos sintéticos o perfiles elásticos, con materiales de relleno y protección cuando sean necesarios, en función del tipo de junta de que se trate.

## 400.3. Ejecución

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 400.3.1. Preparación del lecho de asientos

A partir de la superficie natural del terreno o de la explanación, se procederá a la ejecución de

(\*) Artículo incorporado por la OC 326/2000 y, posteriormente, por la OM FOM 1382/2002, en sustitución del anterior: 400. «Cunetas y acequias de hormigón ejecutadas en obra».

la excavación de la caja que requiera la cuneta y a la nivelación, refino y preparación del lecho de asiento.

La excavación se realizará, en lo posible, de aguas abajo hacia aguas arriba y, en cualquier caso se mantendrá con nivelación y pendiente tales que no produzca retenciones de agua ni encharcamientos.

Cuando el terreno natural en el que se realice la excavación no cumpla la condición de suelo tolerable, podrá ser necesario, a juicio del Director de las Obras, colocar una capa de suelo seleccionado según lo especificado en el artículo 330, «Terraplenes» de este Pliego, de más de diez centímetros (10 cm) convenientemente nivelada y compactada.

Durante la construcción de las cunetas se adoptarán las medidas oportunas para evitar erosiones y cambio de características en el lecho de asiento. A estos efectos, el tiempo que el lecho pueda permanecer sin revestir se limitará a lo imprescindible para la puesta en obra del hormigón, y en ningún caso será superior a ocho días (8 d).

### 400.3.2. Hormigonado

La puesta en obra del hormigón se realizará de acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), el artículo 630, «Obras de hormigón en masa o armado» de este Pliego y con las condiciones que exija el Proyecto.

Se cuidará la terminación de las superficies, no permitiéndose irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) medidas con regla de tres metros (3 m) estática según NLT 334.

Los defectos en espesor del revestimiento de hormigón previsto en los planos de Proyecto no serán superiores a diez milímetros (10 mm), ni a la cuarta parte (3) del espesor nominal.

Las secciones que no cumplan estas condi-

ciones serán levantadas y ejecutadas de nuevo, no permitiéndose el relleno con mortero de cemento.

### 400.3.3. Juntas

Las juntas se dispondrán según figure en los planos o en el Proyecto.

Las juntas de contracción se ejecutarán, con carácter general, a distancia de dos metros (2 m), su espesor será de tres milímetros (3 mm) en el caso de juntas sin sellar y de al menos cinco milímetros (5 mm) en las juntas selladas.

Las juntas de dilatación se ejecutarán en las uniones con las obras de fábrica. Su espesor estará comprendido entre quince y veinte milímetros (15 y 20 mm).

Después del curado del hormigón las juntas deberán limpiarse, colocándose posteriormente los materiales de relleno, sellado y protección que figuren en el Proyecto.

### 400.4. Medición y abono

Las cunetas de hormigón ejecutadas en obra se abonarán por metros (m) realmente ejecutados, medidos sobre el terreno.

Salvo indicación en contra del Proyecto, el precio incluirá la excavación, el refino, el lecho de apoyo, el revestimiento de hormigón, las juntas y todos los elementos y labores necesarias para su correcta ejecución y funcionamiento.

#### Normas de referencia en el artículo 400

NLT 334 Medida de la irregularidad superficial de un pavimento mediante la regla de tres metros, estática o rodante.

# 401. Cunetas prefabricadas (\*)

## 401.1. Definición

**Cuneta prefabricada** es una zanja longitudinal abierta en el terreno junto a la plataforma, con el fin de recibir y canalizar las aguas de lluvia, que se reviste con piezas prefabricadas, las cuales se cimentan sobre un lecho de asiento previamente preparado.

La forma, dimensiones, tipo de material y demás características, se ajustarán a lo que figure en la Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial, y en el Proyecto.

## 401.2. Materiales

### 401.2.1. Condiciones generales

Se incluyen dentro de este apartado las piezas prefabricadas y sus componentes, así como todos aquellos que formen parte de las cunetas.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Adicionalmente a las condiciones especificadas en el Proyecto, cuando el material utilizado en las piezas prefabricadas sea hormigón, se cumplirá con carácter general lo exigido por:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).
- Instrucción para la Recepción de Cementos.
- Artículos 610 «Hormigones» y 630 «Obras de hormigón en masa o armado» de este Pliego.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

### 401.2.2. Características geométricas de las piezas prefabricadas

Las dimensiones de las piezas prefabricadas para cunetas cumplirán las siguientes condiciones:

- La longitud mínima será de un metro (1 m).
- Las tolerancias serán:

Dimensión	Tolerancia (mm)
Espesor	±2
Anchura	±5
Longitud	±5

Una vez colocadas las piezas prefabricadas sobre el lecho de asientos se cuidará la terminación de las superficies de la cuneta, no permitiéndose irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), medidas con regla de tres metros (3 m) estática, según NLT 334.

(\*) Artículo incorporado por la OC 326/2000 y, posteriormente, por la OM FOM 1382/2002, en sustitución del anterior: 401. «Cunetas y acequias prefabricadas de hormigón».

### 401.2.3. *Características de los materiales constitutivos de las piezas prefabricadas*

El Proyecto o en su defecto el Director de las Obras fijará las características específicas de los materiales constitutivos de las piezas prefabricadas.

Cuando el material utilizado sea hormigón el tamaño máximo del árido no será superior al treinta y tres por ciento (33%) del espesor mínimo de la pieza. La resistencia característica a compresión del hormigón a utilizar en las piezas prefabricadas se fijará de acuerdo con la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

### 401.2.4. *Características de los restantes materiales constitutivos de las cunetas prefabricadas*

Los materiales a emplear en estas unidades de obra, tales como los de las juntas, relleno, etc., cumplirán lo especificado en el Proyecto.

Los materiales a emplear en las juntas previamente aprobadas por el Director de las Obras podrán ser morteros, productos bituminosos o productos elastoméricos sintéticos, con elementos de relleno, sellado y protección, si son necesarios.

### 401.2.5. *Control de calidad de los materiales*

En relación con los materiales constitutivos de las piezas prefabricadas como de los demás que formen parte de estas unidades de obra el Contratista facilitará los correspondientes certificados y sellos de calidad exigidos por el Director de las Obras.

Las piezas prefabricadas antes de su recepción en obra deberán haber superado una comprobación general de aspecto y dimensional, así como cuantos otros ensayos y pruebas figuren en el Proyecto, destacándose a tal efecto la determinación de la absorción de agua y las resistencias a la flexión y al choque.

## 401.3. *Ejecución de las obras*

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental,

de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 401.3.1. *Transporte y almacenamiento de las piezas prefabricadas*

Las piezas se transportarán desde fábrica a obra de forma que se garantice la integridad de las mismas y siempre que se hayan alcanzado las resistencias y demás características especificadas en este artículo y en el Proyecto.

### 401.3.2. *Manipulación y acopio*

La manipulación y acopio de las piezas se realizará de forma que las tensiones producidas en estas operaciones no superen el cincuenta por ciento (50%) de la resistencia característica en ese momento.

Las piezas se almacenarán en obra hasta su empleo en las condiciones que en el Proyecto, o a juicio del Director de las Obras, sean preceptivas.

Aquellas piezas que durante el transporte, carga, descarga o almacenamiento hayan sufrido deterioros o presenten defectos, a juicio del Director de las Obras, serán rechazadas.

### 401.3.3. *Preparación del lecho de asiento y colocación de las piezas prefabricadas*

Respecto a la excavación de la caja en su caso, se estará a lo especificado en el artículo 400, «Cunetas de hormigón ejecutadas en obra» de este Pliego.

Previamente a la colocación de las piezas deberá comprobarse el estado de la caja o superficie de apoyo, procediéndose a su limpieza en caso necesario.

Posteriormente las piezas prefabricadas se colocarán perfectamente alineadas y con la rasante de la solera a las cotas previstas.

### 401.3.4. *Juntas*

Las juntas entre piezas se ejecutarán según figure en el Proyecto.

Cuando las piezas prefabricadas sean de hormigón o cerámica, las juntas entre piezas deberán

rellenarse con mortero de cemento o con otro material previamente aceptado por el Director de las Obras. Las juntas de dilatación deberán ejecutarse en las uniones con obras de fábrica, sus espesores estarán comprendidos entre diez y veinte milímetros (10 y 20 mm), rellenándose con un material elástico protegido superficialmente.

Cuando las piezas prefabricadas no sean de hormigón o cerámica, los productos para juntas, previamente aprobados por el Director de las Obras, conformarán las juntas de acuerdo con lo especificado por el Proyecto, o en su caso, por lo establecido por el Director de las Obras.

#### 401.4. Medición y abono

Las cunetas prefabricadas se abonarán por metros (m) realmente colocados en obra, medidos sobre el terreno.

Salvo indicación en contra del Proyecto, el precio incluirá la excavación, el refino, el lecho de apoyo, las piezas prefabricadas, las juntas y todos los demás elementos y labores necesarios para su adecuada elaboración y funcionamiento.

#### 401.5. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos con-

templados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

#### Normas de referencia en el artículo 401

NLT 334 Medida de la irregularidad superficial de un pavimento mediante la regla de tres metros, estática o rodante.



# 410. Arquetas y pozos de registro (\*)

## 410.1. Definiciones

Arqueta es un recipiente prismático para la recogida de agua de las cunetas o de las tuberías de drenaje y posterior entrega a un desagüe.

El material constituyente podrá ser hormigón, materiales cerámicos, piezas prefabricadas o cualquier otro previsto en el Proyecto o aprobado por el Director de las Obras. Normalmente estará cubierta por una tapa o rejilla.

Pozo de registro es una arqueta visitable de más de metro y medio (1,5 m) de profundidad.

## 410.2. Forma y dimensiones

La forma y dimensiones de las arquetas y de los pozos de registro, así como los materiales a utilizar, serán los definidos en el Proyecto.

Las dimensiones mínimas interiores serán de ochenta centímetros por cuarenta centímetros (80 cm x 40 cm) para profundidades menores a un metro y medio (1,5 m). Para profundidades superiores, estos elementos serán visitables, con dimensión mínima interior de un metro (1 m) y dimensión mínima de tapa o rejilla de sesenta centímetros (60 cm).

Las tapas o rejillas ajustarán al cuerpo de la obra, y se colocarán de forma que su cara exterior quede al mismo nivel que las superficies adyacentes. Se diseñarán para que puedan soportar el paso del tráfico y se tomarán precauciones para evitar su robo o desplazamiento.

Tanto las arquetas como los pozos de registro deberán ser fácilmente limpiables, proscribiéndose las arquetas no registrables.

El fondo deberá adaptarse a las necesidades hidráulicas y, en su caso, de visitabilidad. Se deberá asegurar la continuidad, de la corriente de agua. Se dispondrán areneros donde sea necesario, y en caso de no existir, se deberá asegurar que las aguas arrastren los sedimentos.

## 410.3. Materiales

Con carácter general todos los materiales utilizados en la construcción de las arquetas y de los pozos de registro cumplirán con lo especificado en las instrucciones y normas vigentes que les afecten, así como en los artículos correspondientes de este Pliego. En todo caso, se estará, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

Habrán de cumplirse además las siguientes prescripciones específicas:

### Hormigón

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).  
Instrucción para la Recepción de Cementos.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

Artículos 610 «Hormigones» y 630 «Obras de hormigón en masa o armado» de este Pliego.

Los hormigones de limpieza y relleno deberán tener una resistencia característica mínima a compresión de doce megapascales y medio (12,5 MPa) a veintiocho días (28 d).

### **Fabrica de ladrillo**

Artículo 657, «Fábricas de ladrillo» de este Pliego.

Pliego General de Condiciones para la Recepción de ladrillos cerámicos en las obras de construcción.

Los ladrillos a emplear serán macizos.

### **Bloques de hormigón**

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de bloques de hormigón en las obras de construcción.

### **Piezas prefabricadas de hormigón**

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Resistencia característica mínima a compresión: veinticinco megapascales (25 MPa), a veintiocho días (28 d).

El transporte, descarga y almacenamiento se realizarán cuidadosamente, siendo rechazadas aquellas piezas que presenten defectos.

### **Fundición para tapas y cercos**

UNE EN 1561 y UNE EN 1563.

## **410.4. Ejecución**

Las tolerancias en las dimensiones del cuerpo de las arquetas y pozos de registro no serán su-

periores a diez milímetros (10 mm) respecto de lo especificado en los planos de Proyecto.

Las conexiones de tubos y cunetas se efectuarán a las cotas indicadas en los planos de Proyecto, de forma que los extremos de los conductos queden enrasados con las caras interiores de los muros.

La parte superior de la obra se dispondrá de tal manera que se eviten los derrames del terreno circundante sobre ella o a su interior.

Las tapas o rejillas ajustarán al cuerpo de la obra, y se colocarán de forma que su cara exterior quede al mismo nivel que las superficies adyacentes. Se diseñarán para que puedan soportar el paso del tráfico y se tomarán precauciones para evitar su robo o desplazamiento.

En el caso que el Proyecto lo considere necesario se realizará una prueba de estanqueidad.

El relleno del trasdós de la fábrica se ejecutará, en general, con material procedente de la excavación, de acuerdo con el artículo 332, «Rellenos localizados» de este Pliego, o con hormigón, según se indique en el Proyecto.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

## **410.5. Medición y abono**

Las arquetas y los pozos de registro se abonarán por unidades realmente ejecutadas.

Salvo indicación en contra del Proyecto, el precio incluirá la unidad de obra completa y terminada incluyendo excavación, relleno del trasdós, elementos complementarios (tapa, cerco, pates, etc.).

### **Normas de referencia en el artículo 410**

UNE EN 1561 Fundición. Fundición gris.

UNE EN 1563 Fundición. Fundición de grafito esferoidal.

# 411. *Imbornales y sumideros* (\*)

## 411.1. Definiciones

Imbornal es el dispositivo de desagüe por donde se vacía el agua de lluvia de las calzadas de una carretera, de los tableros de las obras de fábrica o, en general, de cualquier construcción.

Sumidero es el dispositivo de desagüe, generalmente protegido por una rejilla, que cumple una función análoga a la del imbornal, pero dispuesto de forma que la entrada del agua sea en sentido sensiblemente vertical.

Estos elementos, en general, constarán de orificio de desagüe, rejilla, arqueta y conducto de salida.

## 411.2. Formas y dimensiones

La forma y dimensiones de los imbornales y de los sumideros, así como los materiales a utilizar, serán los definidos en el Proyecto.

El orificio de entrada del agua deberá poseer la longitud suficiente para asegurar su capacidad de desagüe, especialmente en los sumideros.

Los imbornales deberán tener una depresión a la entrada que asegure la circulación del agua hacia su interior.

Las dimensiones interiores de la arqueta y la disposición y diámetro del tubo de desagüe serán tales que aseguren siempre un correcto funcionamiento, sin que se produzcan atascos, habida cuenta de las malezas y residuos que puede arrastrar el agua. En todo caso, deberán ser fácilmente limpiables.

Los sumideros situados en la plataforma no

deberán perturbar la circulación sobre ella, disponiéndose en lo posible al borde la misma y con superficies regulares, asegurando siempre que el agua drene adecuadamente.

Las rejillas se dispondrán generalmente con las barras en dirección de la corriente y la separación entre ellas no excederá de cuatro centímetros (4 cm). Tendrán la resistencia necesaria para soportar el paso de vehículos (UNE EN 124) y estarán sujetas de forma que no puedan ser desplazadas por el tráfico.

## 411.3. Materiales

Con carácter general todos los materiales utilizados en la construcción de los sumideros y de los imbornales cumplirán con lo especificado en las instrucciones y normas vigentes que afecten a dichos materiales, así como en los artículos correspondientes de este Pliego. En todo caso, se estará, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el R.D. 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

Habrán de cumplirse además las siguientes prescripciones específicas:

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

## **Hormigón**

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Instrucción para la Recepción de Cementos.

Artículos 610 «Hormigones» y 630 «Obras de hormigón en masa o armado» de este Pliego.

Los hormigones de limpieza y relleno deben tener una resistencia característica mínima a compresión de doce megapascales y medio (12,5 MPa) a veintiocho días (28 d).

## **Fábrica de ladrillo**

Artículo 657, «Fábricas de ladrillo» de este Pliego.

Pliego General de Condiciones para la recepción de ladrillos cerámicos en las obras de construcción.

Los ladrillos a emplear serán macizos.

## **Bloques de hormigón**

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de bloques de hormigón en las obras de construcción.

## **Piezas prefabricadas de hormigón**

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

El transporte, descarga y almacenamiento se realizarán cuidadosamente, siendo rechazadas aquellas piezas que presenten defectos.

## **Fundición para rejillas y cercos**

UNE EN 1563.

## **411.4. Ejecución**

Las obras se realizarán de acuerdo con lo especificado en el Proyecto y con lo que sobre el particular ordene el Director de las Obras. Cumpliendo siempre con las condiciones señaladas en los artículos correspondientes de este

Pliego para la puesta en obra de los materiales previstos.

Las tolerancias en las dimensiones del cuerpo de los imbornales y sumideros no serán superiores a diez milímetros (10 mm) respecto a lo especificado en los planos de Proyecto.

Antes de la colocación de las rejillas se limpiará el sumidero o imbornal, así como el conducto de desagüe, asegurándose el correcto funcionamiento posterior.

En el caso de que el Director de las Obras lo considere necesario se efectuará una prueba de estanqueidad.

Después de la terminación de cada unidad se procederá a su limpieza total, incluido el conducto de desagüe, eliminando todas las acumulaciones de limo, residuos o materias extrañas de cualquier tipo, debiendo mantenerse libres de tales acumulaciones hasta la recepción de las obras.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

## **411.5. Medición y abono**

Los sumideros e imbornales se medirán y abonarán por unidades realmente ejecutadas en obra.

Salvo indicación del Proyecto en contra, el precio incluirá la embocadura, la rejilla y la arqueta receptora. La arqueta receptora incluye, la obra de fábrica de solera, paredes y techo, el enfoscado y bruñido interior, en su caso, la tapa y su cerco y el remate alrededor de éste y en definitiva todos los elementos constitutivos de la misma, así como la excavación correspondiente.

## **Normas de referencia en el artículo 411**

UNE EN 124 Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Principios de construcción, ensayos de tipo, marcado, control de calidad.

UNE EN 1563 Fundición. Fundición de granito esferoidal.

# 412. Tubos de acero corrugado y galvanizado (\*)

## 412.1. Definiciones

Tubos de acero corrugado y galvanizado son los conductos construidos con chapas de acero corrugadas y galvanizadas, normalmente curvadas, que se unen mediante pernos y tuercas, para formar secciones cerradas.

Chapas de acero corrugadas y galvanizadas son aquellas cuya superficie ha sido ondulada para confiarles su característica de resistencia a esfuerzos de flexión. Tendrá aplicada, en su superficie, una película de zinc para protegerlas de la corrosión, que constituye el galvanizado.

## 412.2. Formas y dimensiones

La forma, dimensiones y tolerancias de los tubos de acero corrugado serán las definidas en Proyecto. Se utilizarán formas y corrugaciones de las chapas que hayan sido ampliamente sancionadas por la práctica.

## 412.3. Limitaciones de empleo

En general, sólo se podrán utilizar este tipo de conductos con suelos o aguas que cumplan las condiciones siguientes:

Características	Suelos o aguas
Resistencia	$\geq 3.000$ ohmios/cm
pH	$9 \geq \text{pH} \geq 6$
Contenido de cloruros	$\leq 100$ mg/kg
Contenido de sulfatos	$\leq 500$ mg/kg
Contenido de sulfuros	$\leq 100$ mg/kg

No obstante, podrá autorizarse su uso cuando dispongan de la adecuada protección adicional, de acuerdo con los procedimientos que indique el Proyecto.

No son recomendables cuando vayan a estar sometidas a corrientes de agua con velocidades superiores a tres metros por segundo (3 m/s) o que transporten acarreo. En estos casos su empleo exigirá la disposición de revestimientos resistentes a la abrasión en la sección mojada, tales como hormigón u otros materiales que aseguren la durabilidad del conducto.

## 412.4. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

### 412.4.1. Chapas de acero

Las chapas de acero cumplirán con lo establecido en UNE EN 10111 o UNE EN 10130, relativas a la chapa laminada en caliente o frío. El Proyecto indicará en cada caso el tipo y grado de la

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

chapa a utilizar, recomendándose que en general se empleen las designadas como DD13 O DC04, respectivamente.

Las corrugaciones de las chapas y su espesor se definirán en el Proyecto.

#### 412.4.2. Protección anticorrosiva

Las chapas de acero serán galvanizadas en caliente, salvo que el Proyecto determine otro tipo de protección, y antes de efectuar el galvanizado deberán haber sido conformadas.

El galvanizado será de primera calidad, libre de defectos tales como burbujas, rayas y puntos sin galvanizar, la aplicación de la película se hará conforme a lo especificado en UNE EN ISO 1461 en doble exposición y se ensayará según UNE 7183 y UNE 37501.

Cuando la agresividad de los suelos o de las aguas sea elevada o las condiciones específicas de la obra lo aconsejen, se deberá aplicar una capa de protección adicional sobre la superficie galvanizada. En este caso el Proyecto especificará la naturaleza y características de la protección adicional, la normativa que deba cumplir, así como la forma de aplicación sobre la chapa galvanizada.

Esta protección adicional podrá ser de mortero de cemento, de materiales bituminosos, poliméricos, epoxídicos, reforzados o no con fibras, o cualquier otro que determine el Director de las Obras. En cualquier caso estos revestimientos deberán reunir las siguientes condiciones:

- Impermeabilidad.
- Buena adherencia.
- Resistencia a la abrasión, choques y variaciones de temperatura.
- Flexibilidad para adaptarse a las deformaciones del tubo.
- Durabilidad.

#### 412.4.3. Elementos de unión

Los elementos de unión de las chapas serán pernos y tuercas galvanizados en caliente, según UNE 37507.

Los pernos y las tuercas serán de acero de alta resistencia, al manganeso clase 8.8 para los pernos y al carbono clase 8 para las tuercas. Todo ello según UNE EN 20898-1 y 2.

Las cabezas de los pernos y de las tuercas tendrán la forma adecuada para ajustarse a la chapa sin dañar el recubrimiento o, en su defecto, se dispondrán arandelas que protejan el galvanizado u otras protecciones anticorrosivas, en su caso.

Si por la agresividad de los suelos o agua es necesario un revestimiento suplementario de las chapas de acero, se protegerán los pernos y tuercas del mismo modo.

### 412.5. Ejecución

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

#### 412.5.1. Transporte

El transporte se efectuará con el mayor cuidado de modo que no se produzcan deformaciones en las piezas que alteren la forma prevista, ni se originen golpes o rozaduras que hagan saltar la capa de protección. A tal fin, las chapas a transportar se embalarán con un máximo de diez (10) unidades por paquete.

#### 412.5.2. Puesta en obra

El montaje del conducto deberá ser realizado por personal experimentado, que a su vez vigilará el posterior relleno, se prestará atención a la compactación de las zonas próximas al conducto, y a que el mismo quede perfectamente apoyado en toda su anchura y longitud.

Si la instalación es en zanja, el ancho deberá ser tal que permita una fácil compactación de todo el relleno, debiendo quedar entre el conducto y las paredes una separación mínima de treinta centímetros (30 cm). En ningún momento las paredes de la excavación deberán tener zonas en desplome.

El conducto descansará sobre un lecho, o cama de apoyo, estable y resistente, pero no rígido, libre de piedras o puntos duros. Con carácter general el lecho de apoyo se extenderá en una anchura comprendida entre una vez y media (1,5) y dos veces (2) la luz del conducto.

El lecho de apoyo tendrá un espesor mínimo de treinta centímetros (30 cm) y estará realizado con material seleccionado según lo definido en el artículo 330, «Terraplenes» de este Pliego.

La zona de relleno en el trasdós del tubo, con las dimensiones indicadas en el Proyecto o fijadas, en su defecto por el Director de las Obras se ejecutará con suelo seleccionado o adecuado, de acuerdo con las exigencias del artículo 330, «Terraplenes» de este Pliego. El relleno se compactará en tongadas horizontales de espesor comprendido entre quince y veinte centímetros (15 y 20 cm) de espesor y con medios ligeros en una anchura entre uno y dos metros (1 y 2 m) en las proximidades del conducto, pudiendo realizarse con espesores comprendidos entre veinte y treinta centímetros (20 y 30 cm) y con medios mas pesados en el resto. Siempre rellenando alternativamente a un lado y a otro del conducto, de forma que el nivel sea el mismo en los dos lados.

La compactación exigida, en la base de apoyo y en el relleno, no será inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima obtenida en el ensayo Próctor normal, realizado según UNE 103500.

Se cumplirán asimismo las condiciones indicadas en el artículo 332, «Rellenos localizados» de este Pliego para el relleno de zanjas para instalación de tuberías.

El Proyecto fijará las tolerancias, que en general serán de cinco centímetros (5 cm) para la desviación respecto a la alineación del conducto y de diez milímetros (10 mm) para la desviación respecto al nivel fijado en el mismo.

Se cuidará que la altura del relleno sobre la clave del conducto no supere los límites, máximos ni mínimos, indicados en el Proyecto.

#### 412.6. Medición y abono

Los tubos de acero corrugado se medirán por metros (m) de longitud a lo largo del eje salvo indicación en contra del Proyecto.

El precio del metro de tubo incluirá los costes de las chapas de acero corrugadas y galvaniza-

das, la parte proporcional de los elementos de unión, el replanteo y el montaje.

Las restantes unidades de obra constitutivas del conducto, tales como excavaciones, agotamientos, lechos de apoyo, rellenos, obras de fábrica, etcétera, se medirán conforme a como se indica en los correspondientes artículos de este Pliego.

En cualquier caso, el Proyecto, a la vista de las características particulares del conducto, podrá especificar otros criterios de medición diferentes a los indicados.

#### Normas de referencia en el artículo 412

UNE 7183 Método de ensayo para determinar la uniformidad de los recubrimientos galvanizados, aplicados a materiales manufacturados de hierro y acero.

UNE 37501 Galvanización en caliente. Características y métodos de ensayo.

UNE 37507 Recubrimientos galvanizados en caliente de tornillería y otros elementos de fijación.

UNE 103500 Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor Normal.

UNE EN 10111 Bandas y chapas laminadas en caliente en continuo de acero bajo en carbono para conformado en frío. Condiciones técnicas de suministro.

UNE EN 10130 Productos planos laminados en frío de acero bajo en carbono para embutición o conformación en frío. Condiciones técnicas de suministro.

UNE EN 20898-1 Características mecánicas de los elementos de fijación. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones.

UNE EN 20898-2 Características mecánicas de los elementos de fijación. Parte 2: tuercas con valores de carga de prueba especificados. Rosca de paso grueso.

UNE EN ISO 1461 Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.



## 420. Zanjas drenantes (\*)

### 420.1. Definición

Consisten en zanjas rellenas de material drenante, adecuadamente compactado, en el fondo de las cuales generalmente se disponen tubos drenantes, (perforados, de material poroso, o con juntas abiertas), y que, normalmente tras un relleno localizado de tierras, se aíslan de las aguas superficiales por una capa impermeable que sella su parte superior.

A veces se omiten los tubos de drenaje, en cuyo caso la parte inferior de la zanja queda completamente rellena de material drenante, constituyendo un dren ciego o dren francés. En estos drenes el material que ocupa el centro de la zanja es piedra gruesa.

Cuando exista peligro de migración del suelo, que rodea la zanja hacia el interior de la misma, se deberá disponer de un filtro normalmente geotextil, protegiendo el material drenante.

Su ejecución incluye normalmente las operaciones siguientes:

- Excavación.
- Ejecución del lecho de asiento de la tubería y, en su caso, disposición del filtro geotextil.
- Colocación de la tubería.
- Colocación y compactación del material drenante.
- Relleno de tierras de la parte superior de la zanja, en su caso.
- Impermeabilización de la parte superior de la zanja.

### 420.2. Materiales

En este apartado se detallan las condiciones a cumplir por los tubos y el material drenante que constituye esta unidad. Con relación al resto de materiales auxiliares, tales como filtro geotextil, relleno de tierras de la parte superior de la zanja e impermeabilización de la misma, se estará a lo dispuesto en este Pliego, y a lo indicado en el Proyecto.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

#### 420.2.1. Tubos

##### 420.2.1.1. Condiciones generales

Los tubos a emplear en zanjas drenantes podrán ser de hormigón en masa o armado, poli(cloruro de vinilo), polietileno de alta densidad o cualquier otro material sancionado por la

(\*) Artículo incorporado por la OC 326/2000 y, posteriormente, por la OM FOM 1382/2002, en sustitución del anterior: 420. «Drenes subterráneos».

experiencia. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto definirá en cada caso, el tipo de material y sus características.

En el caso de utilizarse tubos de hormigón en masa poroso, tendrán una capacidad de filtración mínima de ochenta y cinco litros por segundo por cada metro cuadrado de superficie exterior y cada bar de carga hidrostática ( $85 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{bar}$ ). El Proyecto, o en su defecto el Director de las Obras especificará sus restantes características.

En todo caso, los tubos utilizados serán fuertes, duraderos y libres de defectos, grietas y deformaciones.

#### 420.2.1.2. Resistencia mecánica

El Director de las Obras podrá exigir las pruebas de resistencia mecánica que estime necesarias. Serán de aplicación con carácter general el (Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Tuberías de Saneamiento de Poblaciones) y con carácter particular las siguientes normas:

- Hormigón en masa o armado: UNE 127 010 EX.
- Poli(cloruro de vinilo): UNE EN 1401-1.
- Polietileno de alta densidad: UNE 53365.

#### 420.2.1.3. Forma y dimensiones

La forma y dimensiones de los tubos a emplear en zanjas drenantes, así como sus correspondientes perforaciones y juntas, serán las indicadas en el Proyecto o, en su defecto, las que señale el Director de las Obras.

Los tubos estarán bien calibrados, y sus generatrices serán rectas o tendrán la curvatura que les corresponda en los codos o piezas especiales.

La superficie interior será razonablemente lisa, y no se admitirán más defectos que los de carácter accidental o local, siempre que no supongan merma de la calidad de los tubos ni de su capacidad de desagüe.

Se atenderá con carácter general a las características geométricas y tolerancias recogidas en el (Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Tuberías de Saneamiento de Poblaciones) y con carácter particular a lo recogido en la normativa específica reseñada en el apartado 420.2.1.2 de este artículo.

#### 420.2.2. Material drenante

Se estará a lo dispuesto en el artículo 421, «Rellenos localizados de material drenante», de este Pliego.

El material drenante deberá cumplir, en la zona de contacto con el terreno o con el material de relleno de la parte superior de la zanja, las condiciones de filtro para evitar su contaminación. Si no fuera posible o conveniente cumplir esta condición se deberá envolver el material drenante con un filtro geotextil.

#### 420.3. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

##### 420.3.1. Excavación

Las excavaciones necesarias para la ejecución de esta unidad se realizarán de acuerdo con el artículo 321, «Excavación en zanjas y pozos» de este Pliego.

No se depositará el material procedente de la excavación en la zona de afección de cursos de agua. Asimismo, no se acopiará el material excavado a menos de sesenta centímetros (60 cm) del borde de la excavación.

##### 420.3.2. Ejecución del lecho de asiento de la tubería

Una vez abierta la zanja de drenaje, si se observase que su fondo es impermeable, el lecho de asiento de los tubos deberá ser también impermeable.

En todo caso, el lecho de asiento se compactará, si fuese necesario, hasta conseguir una base de apoyo firme en toda la longitud de la zanja y tendrá la debida pendiente, nunca inferior al cero con cinco por ciento (0,5%), salvo indicación en contra del Proyecto.

##### 420.3.3. Colocación de la tubería

La colocación de la tubería no deberá iniciarse sin la previa autorización del Director de

las Obras. Obtenida ésta, los tubos se tenderán en sentido ascendente, con las pendientes y alineaciones indicadas en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

El tratamiento de las juntas y uniones de la tubería se ejecutará de acuerdo con el Proyecto, y las instrucciones del Director de las Obras.

#### 420.3.4. Colocación del material drenante

Si la tubería se ha colocado sobre un lecho de asiento impermeable, la zanja se rellenará, a uno y otro lado de los tubos, con el material impermeable que se utilizó en su ejecución hasta llegar a cinco centímetros (5 cm) por debajo del nivel más bajo de las perforaciones, en caso de que se empleen tubos perforados, o hasta la altura que marque el Proyecto si se usan tubos con juntas abiertas. Si se empleasen tubos porosos, el material impermeable se limitará estrictamente al lecho de asiento.

A partir de las alturas indicadas, se proseguirá el relleno con material drenante hasta la cota fijada en el Proyecto o que, en su defecto, indique el Director de las Obras.

En el caso de que el lecho de asiento sea permeable, una vez colocada la tubería la zanja se rellenará con material drenante. En el caso de una tubería de juntas abiertas dichas juntas deberán cerrarse en la zona de contacto con su lecho de asiento.

Las operaciones de relleno de la zanja se ejecutarán de acuerdo con lo indicado en el artículo 421, «Rellenos localizados de material drenante», de este Pliego.

Se cuidará especialmente no dañar los tubos ni alterar su posición.

En los casos en los que la subbase sea de menor permeabilidad que los filtros, se pospondrá la ejecución de las zanjas hasta después de refinada la subbase.

#### 420.4. Medición y abono

Las zanjas drenantes se abonarán por metros (m) del tipo correspondiente, realmente ejecutadas, medidos en el terreno.

El precio incluye la ejecución de la zanja, su ubicación, preparación de la superficie, entibación y agotamiento en su caso, ejecución del lecho de asiento, suministro y colocación de la

tubería, relleno de material drenante, compactación del material drenante, relleno de tierras en la parte superior de la zanja, impermeabilización de la zanja, lámina geotextil si la hubiera, ejecución de las juntas y todas las demás operaciones y medios necesarios para la completa y correcta ejecución de la unidad.

#### 420.5. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles -públicos y privados- autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

#### Normas de referencia en el artículo 420

UNE 53365 Plásticos. Tubos de polietileno de alta densidad para uniones soldadas, usados para canalizaciones subterráneas, enterradas o no, empleadas para la evacuación y desagües. Características y métodos de ensayo.

UNE 127010 EX Tubos prefabricados de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero, para conducciones sin presión.

UNE EN 1401-1 Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U). Parte 1: especificaciones para tubos, accesorios y el sistema.

# 421. *Rellenos localizados de material drenante* (\*)

## 421.1. Definición

Consisten en la extensión y compactación de materiales drenantes en zanjas, trasdoses de obras de fábrica, o cualquier otra zona, cuyas dimensiones no permitan la utilización de los equipos de maquinaria pesada.

## 421.2. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 421.2.1. Condiciones generales

Los materiales drenantes a emplear en rellenos localizados serán áridos naturales, o bien áridos procedentes del machaqueo y trituración de piedra de cantera o grava natural, o áridos artificiales. En todo caso estarán exentos de arcilla, margas y otros materiales extraños.

El Contratista propondrá al Director de las Obras el material a utilizar, y antes de su empleo deberá contar con la aprobación explícita de éste.

### 421.2.2. Composición granulométrica

El tamaño máximo no será, en ningún caso, superior a setenta y seis milímetros (76 mm), y el

cernido ponderal acumulado por el tamiz 0,080 UNE no rebasará el cinco por ciento (5%).

Siendo  $F_x$  el tamaño superior al del  $x\%$ , en peso, del material filtrante, y  $dx$  el tamaño superior al del  $x\%$ , en peso, del terreno a drenar, se deberán cumplir las siguientes condiciones de filtro:

$$a) \frac{F_{15}}{d_{85}} < 5; \quad b) \frac{F_{15}}{d_{15}} < 5; \quad c) \frac{F_{50}}{d_{50}} < 25$$

Asimismo el coeficiente de uniformidad del filtro será inferior de veinte ( $F_{60}/F_{10} < 20$ ).

Además, de acuerdo con el sistema previsto para la evacuación del agua, el material drenante situado junto a los tubos o mechinales deberá cumplir las condiciones siguientes:

- Si se utilizan tubos perforados:

$$\frac{F_{85}}{\text{Diámetro del orificio}} > 1$$

- Si se utilizan tubos con juntas abiertas:

$$\frac{F_{85}}{\text{Apertura de la junta}} > 1,2$$

- Si se utilizan tubos de hormigón poroso:

$$\frac{F_{85}}{d_{15} \text{ del árido del tubo}} > 0,2$$

(\*) Artículo modificado por la OC 326/2000 y, posteriormente, por la OM FOM 1382/2002, en sustitución del anterior: 421. «Rellenos localizados de material filtrante».

- Si se drena por mechinales:

$$\frac{F_{85}}{\text{Diámetro del mechal}} > 1$$

Cuando no sea posible encontrar un material que cumpla con dichos límites, podrá recurrirse a filtros granulares compuestos por varias capas, una de las cuales, la de material más grueso, se colocará junto al sistema de evacuación, y cumplirá las condiciones de filtro respecto a la siguiente, considerada como terreno, ésta, a su vez, las cumplirá respecto de la siguiente, y así, sucesivamente, hasta llegar al relleno o terreno natural. Se podrá asimismo recurrir al empleo de filtros geotextiles, según lo expuesto en el artículo 422, «Geotextiles como elemento de separación y filtro» de este pliego.

Cuando el terreno natural esté constituido por materiales con gravas y bolos a efectos de cumplimiento de las condiciones anteriores se atenderá, únicamente, a la curva granulométrica de la fracción del mismo inferior a veinticinco milímetros (25 mm).

Si el terreno natural está constituido por suelos no cohesivos con arena fina y limo, el material drenante deberá cumplir, además de las condiciones de filtro generales, la siguiente:

$$F_{15} > 1 \text{ mm}$$

Si dicho terreno natural es un suelo cohesivo, compacto y homogéneo, sin vetas de arena fina o de limo, las condiciones de filtro a) y b) serán sustituidas por la siguiente:

$$0,1 \text{ mm} > F_{15} > 0,4 \text{ mm}$$

En los drenes ciegos el material de la zona permeable central deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Tamaño máximo del árido comprendido entre veinte milímetros (20 mm) y ochenta milímetros (80 mm).
- Coeficiente de uniformidad menor de cuatro ( $F_{60}/F_{10} < 4$ ).

### 421.2.3. Plasticidad

El material drenante será no plástico, y su equivalente de arena determinado según UNE EN 933-8 será superior a treinta ( $EA > 30$ ).

### 421.2.4. Calidad

El coeficiente de desgaste de los materiales de origen pétreo, medido por el ensayo de Los Ángeles, según UNE EN 1097-2, será inferior a cuarenta (40). Los materiales procedentes de escorias deberán ser aptos para su empleo en obras de hormigón. Los materiales de otra naturaleza deberán poseer una estabilidad química y mecánica suficiente, de acuerdo con los criterios establecidos en el Proyecto y en este pliego.

### 421.3. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

#### 421.3.1. Acopios

Los acopios de cada tipo de material se formarán y explotarán de forma que se evite la segregación y contaminación del mismo. En especial, se tendrán presentes las siguientes precauciones: evitar una exposición prolongada del material a la intemperie, formar los acopios sobre una superficie que no contamine al material, evitar la mezcla de distintos tipos de materiales.

Se eliminarán de los acopios todas las zonas segregadas o contaminadas por polvo, por contacto con la superficie de apoyo, o por inclusión de materiales extraños. Durante el transporte y posterior manipulación hasta su puesta en obra definitiva, se evitará toda segregación por tamaños y la contaminación por materiales extraños.

#### 421.3.2. Preparación de la superficie de asiento

Cuando el relleno haya de asentarse sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficial o subálvea, se desviarán las primeras y captarán y conducirán las últimas, fuera del área donde vaya a construirse el relleno, antes de comenzar su ejecución. Estas obras, que tendrán el carácter de accesorias, se ejecutarán con arreglo a lo indicado en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

### 421.3.3. *Ejecución de las tongadas. Extensión y compactación*

Los materiales del relleno se extenderán en tongadas sucesivas, de espesor uniforme y sensiblemente horizontal. El espesor de estas tongadas será lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles, se obtenga, en todo su espesor, el grado de compactación exigido. En general y salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras se usarán tongadas de veinte centímetros (20 cm). Cuando una tongada deba estar constituida por materiales de distinta granulometría, se adoptarán las medidas necesarias para crear entre ellos una superficie continua de separación.

El relleno de trasdós de obras de fábrica se realizará de modo que no se ponga en peligro la integridad y estabilidad de las mismas, según propuesta, por escrito y razonada, del Contratista y aceptada por el Director de las Obras.

Antes de proceder a extender cada tipo de material se comprobará que es homogéneo y que su humedad es la adecuada para evitar la segregación durante su puesta en obra y para conseguir el grado de compactación exigido. Si la humedad no es adecuada se adoptarán las medidas necesarias para corregirla, sin alterar la homogeneidad del material.

El grado de compactación a alcanzar en cada tongada dependerá de la ubicación de la misma. En general y salvo especificación en contra del Proyecto o del Director de las Obras se compactarán las tongadas hasta alcanzar un índice de densidad superior al ochenta por ciento (80%) y en ningún caso dicho grado de compactación será inferior al mayor de los que posean los terrenos o materiales adyacentes situados a su mismo nivel.

Cuando se trata de rellenos localizados en torno a tuberías y hasta una altura de treinta centímetros (30 cm) por debajo de la generatriz superior de la tubería, salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, el tamaño máximo de las partículas no será superior a dos centímetros (2 cm), las tongadas serán de diez centímetros (10 cm) y se compactarán hasta un índice de densidad no inferior al setenta y cinco por ciento (75%). Se prestará especial cuidado durante la compactación para no producir movimientos ni daños en la tubería a cuyo efecto se reducirá, si fuese necesario, el espesor de tongada y la potencia de la maquinaria de compactación.

En todo caso los medios de compactación serán los adecuados para no producir finos adicionales por trituración del material, y en todo caso deberán ser sometidos a la aprobación del Director de las Obras.

### 421.3.4. *Protección del relleno*

Los trabajos se realizarán de modo que se evite en todo momento la contaminación del relleno por materiales extraños, o por la circulación, a través del mismo, de agua de lluvia cargada de partículas finas. A tal efecto, los rellenos se ejecutarán en el menor plazo posible y, una vez terminados, se cubrirán, de forma provisional o definitiva, para evitar su contaminación.

También se adoptarán las precauciones necesarias para evitar la erosión o perturbación de los rellenos en ejecución, a causa de las lluvias, así como los encharcamientos superficiales de agua.

Si, a pesar de las precauciones adoptadas, se produjera la contaminación o perturbación de alguna zona del relleno, se procederá a eliminar el material afectado y a sustituirlo por material en buenas condiciones.

La parte superior de la zanja, cuando no lleve inmediatamente encima cuneta de hormigón ni capa drenante del firme, se rellenará con material impermeable, para impedir la colmatación por arrastres superficiales y la penetración de otras aguas diferentes de aquellas a cuyo drenaje está destinada la zanja.

### 421.4. *Limitaciones de la ejecución*

Los rellenos localizados de material drenante se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cero grados Celsius (0 °C), debiendo suspenderse los trabajos cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite.

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico, hasta que se haya completado su compactación. Si ello no fuera posible, deberán ser corregidas mediante la eliminación o sustitución del espesor afectado por el paso del tráfico.

### 421.5. *Medición y abono*

Las distintas zonas de rellenos localizados de material drenante, no incluidos en otra unidad de

obra como por ejemplo «Zanjas drenantes», se abonarán por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente ejecutados, si lo han sido de acuerdo con el Proyecto y las órdenes escritas del Director de las Obras, medidos sobre los planos de perfiles transversales, no siendo de pago las demasías por exceso de excavación, delimitación de zona, mediciones incluidas en otras unidades de obra, etc.

No serán de abono la eliminación y sustitución de las zonas de relleno afectadas por contaminación o perturbación.

El relleno con material impermeable de la parte superior de la zanja, se abonará como re-

lleno localizado, según lo indicado en el artículo 332, «Rellenos localizados» de este pliego.

#### **Normas de referencia en el artículo 421**

UNE EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.



# 422. Geotextiles como elemento de separación y de filtro (\*)

## 422.1. Definición y campo de aplicación

Son objeto de este artículo las aplicaciones de geotextiles, materiales definidos en el artículo 290, «Geotextiles» de este pliego, utilizados en obras de carretera con las funciones siguientes:

- a) Función separadora entre capas de diferente granulometría.
- b) Función de filtro en sistemas de drenaje.

## 422.2. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

El proyectista, o en su defecto el Director de las Obras, fijará las especificaciones adicionales a las indicadas en este artículo que deben cumplir los geotextiles que se utilicen en cada unidad de obra.

Los geotextiles estarán sometidos, en todo caso, a las prescripciones indicadas en el artículo 290, «Geotextiles» de este pliego, además por supuesto, de las indicadas en este artículo.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedi-

mientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

### 422.2.1. Criterios mecánicos

Se define el parámetro «e», indicativo de la energía de deformación asimilada por el geotextil hasta su rotura, como:

$$e \text{ (KN/m)} = R_T \text{ (KN/m)} \cdot \varepsilon_r$$

donde:

$R_T$  = Resistencia a tracción (KN/m).

$\varepsilon_r$  = Deformación unitaria en rotura (tanto por uno) medidas conforme a UNE EN ISO 10319.

Se establecen unos grupos de requisitos resistentes mínimos a exigir al geotextil según se indica en la tabla adjunta:

Función del geotextil	Grupo	e (KN/m) (valor mínimo)	$R_T$ (KN/m) (valor mínimo)	$R_{pd}$ (mm) (valor máximo)
Separación	0	6,4	16	20
	1	4,8	12	25
	2	3,2	8	30
	3	2,4	6	35
Filtro	0	2,7	9	30
	1	2,1	7	35
	2	1,5	5	40
	3	1,2	4	45

(\*) Artículo incorporado por la OC 226/2000 y, posteriormente, por la OM FOM 1382/2002.

donde:

$R_T$  = Resistencia a tracción (KN/m) (UNE EN ISO 10319) medida en la dirección principal (de fabricación o perpendicular a esta) en que la resistencia sea mínima.

$R_{pd}$  = Resistencia a perforación dinámica (mm) (UNE EN 918).

$e = R_T \cdot \varepsilon_r$  anteriormente definido.

En función del tipo de tráfico de la carretera y del tipo de apoyo del geotextil se determina el grupo de requisitos resistentes mínimos a exigir al geotextil, de la siguiente forma:

- Se podrá utilizar el grupo de requisitos 3 cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:
  - El tráfico de la vía es de categoría T3 o inferior según la Norma 6.1 y 2-IC sobre secciones de firme.
  - La superficie de apoyo del geotextil tiene una inclinación inferior al cinco por ciento (5%) o superior a ochenta y cinco grados sexagesimales ( $85^\circ$ ) (geotextil como filtro en zanjas).
  - El terreno sobre el que se apoya el geotextil tiene un módulo en el segundo ciclo del ensayo de placa de carga según NLT 357 superior a cincuenta megapascuales ( $E_{v2} > 50$  MPa), en condiciones de humedad y densidad representativas de su estado final en la obra.
- Se podrá utilizar el grupo de requisitos 2 cuando no siendo de aplicación al grupo de requisitos 3, se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:
  - El tráfico de la vía es de categoría T2 o inferior.
  - La superficie de apoyo del geotextil tiene una inclinación inferior al diez por ciento (10%) o superior a setenta y cinco grados sexagesimales ( $75^\circ$ ).
  - El terreno sobre el que se apoya el geotextil tiene un módulo en el segundo ciclo del ensayo de placa de carga según NLT 357 superior a treinta megapascuales ( $E_{v2} > 30$  MPa), en condiciones de humedad y densidad representativas de su estado final en la obra.
- Se podrá utilizar el grupo de requisitos 1 cuando no siendo de aplicación el grupo

de requisitos 2 se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- El tráfico de la vía es de categoría T1 o inferior.
- El terreno sobre el que se apoya el geotextil tiene un módulo en el segundo ciclo del ensayo de placa de carga según NLT 357 superior a quince megapascuales ( $E_{v2} > 15$  MPa), en condiciones de humedad y densidad representativas de su estado final en la obra.

- Se podrá utilizar, salvo prescripción en contra del Proyecto o del Director de las Obras, el grupo de requisitos 0 cuando no sean de aplicación ninguno de los grupos anteriores.

En todo caso se exige además que:

- La resistencia a la rotura en la dirección en que ésta sea máxima no sea más de una vez y media (1,5) la resistencia a la rotura en la dirección perpendicular a la misma.
- La tensión para la que se produce una deformación del veinte por ciento (20%) de la del alargamiento en rotura sea inferior al ochenta por ciento (80%) de la tensión de rotura. Este aspecto ha de cumplirse tanto en la dirección de la resistencia a tracción máxima como en la dirección perpendicular a la misma.

En todo lo anterior los valores indicados serán los exigidos en obra en los términos indicados en el artículo 290, «Geotextiles» de este Pliego. En particular, cuando se tome como referencia el catálogo por fabricante, los valores anteriores deberán ser mejorados por los valores de catálogo corregidos de su tolerancia y podrán ser comprobados mediante los procedimientos indicados en el mencionado artículo.

En todo caso el Proyecto o el Director de las Obras podrán especificar valores más exigentes que los hasta aquí establecidos si entienden que la obra, los materiales o los modos de ejecución así lo aconsejan. Podrá incluso exigir valores relativos a otros parámetros tales como resistencia al punzonamiento estático (CBR), según UNE EN ISO 12236 u otros que considere de interés.

Para la determinación de dichos requisitos los aspectos más importantes a tener en cuenta serán:

- Material sobre el que se asienta el geotextil, definido por:
  - Capacidad de soporte ( $E_{v2}$  en placa de carga, CBR, etc.).
  - Heterogeneidad del material (granulometría, angulosidad, etc.).
  - Espesor de las capas superiores
- Características del material que se dispone sobre el geotextil:
  - Granulometría y peso unitario.
  - Angulosidad.
  - Posibilidad de cortar o punzonar el geotextil.
  - Horizontalidad o inclinación de la superficie de apoyo.
- Cargas que actuarán sobre el geotextil:
  - En la fase de construcción:
    - Vertido.
    - Extendido.
    - Tráfico de obra (tipo de tráfico y maquinaria).
  - En la fase de explotación:
    - Proximidad a la superficie del firme.
    - Presiones actuantes sobre el geotextil.
    - Tipo e intensidad del control y vigilancia de la colocación del geotextil.
- Riesgo derivado de un mal funcionamiento del geotextil sobre la obra:
  - Coste de reparación.
  - Coste para el usuario.

### 422.2.2. Criterio de retención

La apertura eficaz de poros ( $O_{90,W}$ ) del geotextil (EN ISO 12956) deberá 90,W cumplir las siguientes condiciones:

- $O_{90,W} > 0,05$  mm.
- $O_{90,W} < 0,20$  mm.
- $O_{90,W} < d_{90}$ .

si  $d_{40} < 0,06$  mm;  $O_{90,W} < 10 \cdot d_{50}$ ;

si  $d_{40} \geq 0,06$  mm;  $O_{90,W} < 5$ ;  $\sqrt{d_{10} \cdot d_{60}}$ .

siendo:  $d_x$  = Apertura del tamiz por el que pasa el x% en peso del suelo a proteger.

El Proyecto o el Director de las Obras podrán indicar condiciones más restrictivas si así lo consideran conveniente.

### 422.2.3. Criterio hidráulico

La permeabilidad del geotextil en dirección perpendicular a su plano (permitividad  $K_g$ ), según UNE EN ISO 11058 respecto a la permeabilidad del material menos permeable ( $K_s$ ) será la indicada a continuación, salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras:

- a) Flujo unidireccional laminar:  $K_g > 10 K_s$ .
- b) Flujo que cambia rápidamente de sentido (alternativo o turbulento):  $K_g > 100 K_s$ .

### 422.2.4. Criterio de durabilidad

En caso de utilización del geotextil en ambientes que puedan considerarse agresivos, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto o, en su defecto el Director de las Obras, definirán el tipo de ensayo de durabilidad a realizar de entre los indicados en el apartado 290.2.1.3 de este Pliego, así como el porcentaje de resistencia remanente respecto a la nominal que el geotextil debe mantener después de ser sometido al ensayo de durabilidad correspondiente.

En cuanto a la pérdida de características por su exposición a la intemperie se estará a lo indicado en el apartado 290.4 de este Pliego.

## 422.3. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 422.3.1. Colocación como capa separadora

El geotextil se extenderá sobre la capa inferior, empleando los medios auxiliares que autorice el Director de las Obras.

La continuidad entre las láminas del geotextil se logrará mediante las uniones adecuadas, que

podrán realizarse mediante solapes no menores de cincuenta centímetros (50 cm) o juntas cosidas, soldadas o grapadas. El tipo de unión será el indicado en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

El extendido de la capa superior se realizará de tal forma que los equipos de extensión y compactación no circulen en ningún momento sobre la superficie del geotextil. Salvo especificación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, el espesor de la primera capa o tongada que se coloque sobre el geotextil será de al menos cuarenta centímetros (40 cm), y el tamaño máximo del árido a emplear en esta tongada no será superior a doscientos milímetros (200 mm).

El sentido de avance de la maquinaria de extensión de la capa superior se realizará de tal forma que no afecte al solape de las capas de geotextil.

#### 422.3.2. Colocación como filtro en sistema de drenaje

La colocación del geotextil se realizará empleando los medios auxiliares que autorice el Director de las Obras, siendo preferible el empleo de medios mecánicos a las técnicas manuales.

La continuidad entre las láminas del geotextil se logrará mediante las uniones adecuadas, que podrán realizarse mediante solapes no menores de cincuenta centímetros (50 cm) o juntas cosidas, soldadas o grapadas.

El tipo de unión será el indicado en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

El vertido de los materiales granulares, así como la colocación de las tuberías colectoras, deberán realizarse sin dañar el geotextil.

Para los filtros, en ningún caso se utilizarán materiales sucios, con grasa, barro, etc.

Se prestará especial atención a la puesta en obra de material filtro en zanjas profundas.

#### 422.4. Limitaciones de ejecución

No se permitirá la colocación del geotextil, ni el extendido de la capa superior, cuando tengan lugar precipitaciones, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2 °C).

La superficie sobre la que se extiende el geotextil estará limpia y libre de elementos cortantes o punzantes.

#### 422.5. Control de calidad

Se procederá conforme a lo indicado en el artículo 290, «Geotextiles» de este Pliego, comprobándose al menos, las características indicadas en el apartado 422.2 de este artículo, así como todas aquellas características que el Proyecto o en su defecto el Director de las Obras, pudiesen indicar.

Se comprobará asimismo que el geotextil no ha sufrido daños durante su instalación de acuerdo con UNE ENV ISO 10722-1.

#### 422.6. Medición y abono

Los geotextiles que se empleen con funciones separadora o de filtro, se medirán y abonarán por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de superficie recubierta o envuelta, quedando incluidos en este precio los solapes indicados en el Proyecto.

Se considerarán, asimismo, incluidas las uniones mecánicas por cosido, soldadura o grapado que sean necesarias para la correcta instalación del geotextil, según determinen el Proyecto y el Director de las Obras.

El precio por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) incluye todos los elementos necesarios para la colocación y puesta en obra del geotextil, así como su transporte a obra.

#### Normas de referencia en el artículo 422

UNE EN 918 Geotextiles y productos relacionados. Ensayos de perforación dinámica (ensayo por caída de un cono).

UNE EN ISO 10319 Geotextiles. Ensayo de tracción para probetas anchas.

UNE EN ISO 11058 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Determinación de las características de permeabilidad al agua perpendicularmente al plano sin carga.

UNE EN ISO 12236 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Ensayo de punzando estático (ensayo CBR).

UNE EN ISO 12956 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Determinación de la medida de abertura característica.

UNE ENV ISO 10722-1 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Procedimiento para simular el deterioro durante la instalación. Parte 1: Instalación en materiales granulares.

NLT 357 Ensayo de carga con placa.

---

*FIRMES*

*Parte*  
**5**

# 510. Zahorras (\*)

## 510.1. Definición

Se define como zahorra el material granular, de granulometría continua, utilizado como capa de firme. Se denomina zahorra artificial al constituido por partículas total o parcialmente trituradas, en la proporción mínima que se especifique en cada caso. Zahorra natural es el material formado básicamente por partículas no trituradas.

La ejecución de las capas de firme con zahorra incluye las siguientes operaciones:

- Estudio del material y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie que vaya a recibir la zahorra.
- Preparación del material, si procede, y transporte al lugar de empleo.
- Extensión, humectación, si procede, y compactación de la zahorra.

## 510.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE; en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará en todo caso, además, a lo dispuesto en la legis-

lación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 510.2.1. Características generales

Los materiales para la zahorra artificial procederán de la trituración, total o parcial, de piedra de cantera o de grava natural. Para la zahorra natural procederán de graveras o depósitos naturales, suelos naturales o una mezcla de ambos.

Para las categorías de tráfico pesado T2 a T4 se podrán utilizar materiales granulares reciclados, áridos siderúrgicos, subproductos y productos inertes de desecho, en cumplimiento del Acuerdo de Consejo de Ministros de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en este artículo, y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias. Para el empleo de estos materiales se exige que las condiciones para su tratamiento y aplicación estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá fijar especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear materiales cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

Los materiales para las capas de zahorra no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, pre-

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo. Esta OM suprimió, entre otros, los artículos: 500. «Zahorras naturales», 501. «Zahorras artificiales» y 502. «Macadam».

sumiblemente, puedan darse en el lugar de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua.

El árido siderúrgico de acería deberá presentar una expansividad inferior al cinco por ciento (5%), según la UNE-EN 1744-1. La duración del ensayo será de veinticuatro horas (24 h) cuando el contenido de óxido de magnesio, según la UNE-EN 196-2, sea menor o igual al cinco por ciento (5%) y de ciento sesenta y ocho horas (168 h) en los demás casos.

El árido siderúrgico procedente de horno alto no presentará desintegración por el silicato bicálcico ni por el hierro, según la UNE-EN 1744-1.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material granular. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medio ambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades se empleará la NLT-326.

### 510.2.2. Composición química

El contenido ponderal de compuestos de azufre totales (expresados en  $SO_3$ ), determinado según la UNE-EN 1744-1, será inferior al cinco por mil (0,5%) donde los materiales estén en contacto con capas tratadas con cemento, e inferior al uno por ciento (1%) en los demás casos.

### 510.2.3. Limpieza

Los materiales estarán exentos de terrones de arcilla, marga, materia orgánica, o cualquier otra que pueda afectar a la durabilidad de la capa.

En el caso de las zahorras artificiales el coeficiente de limpieza, según el anexo C de la UNE 146130, deberá ser inferior a dos (2).

El equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, del material de la zahorra artificial deberá cumplir lo indicado en el cuadro 510.1. De no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez (10), y simultáneamente, el equivalente de arena no deberá ser inferior en más de cinco unidades a los valores indicados en el cuadro 510.1.

**Cuadro 510.1**  
**Equivalente de arena de la zahorra artificial**

T00 a T1	T2 a T4 y arcenes de T00 a T2	Arcenes de T3 y T4
EA > 40	EA > 35	EA > 30

En el caso de la zahorra natural, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá disminuir en cinco (5) unidades cada uno de los valores exigidos en el cuadro 510.1.

### 510.2.4. Plasticidad

El material será «no plástico», según la UNE 103104, para las zahorras artificiales en cualquier caso; así como para las zahorras naturales en carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T3; en carreteras con categoría de tráfico pesado T4 el límite líquido de las zahorras naturales, según la UNE 103103, será inferior a veinticinco (25) y su índice de plasticidad, según la UNE 103104, será inferior a seis (6).

En el caso de arcenes no pavimentados, de las categorías de tráfico pesado T32 y T4 (T41 y T42), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá admitir, tanto para las zahorras artificiales como para las naturales que el índice de plasticidad según la UNE 103104, sea inferior a diez (10), y que el límite líquido, según la UNE 103103, sea inferior a treinta (30).

### 510.2.5. Resistencia a la fragmentación

El coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2, de los áridos para la zahorra artificial no deberá ser superior a los valores indicados en el cuadro 510.2.

**Cuadro 510.2**  
**Valor máximo del coeficiente de Los Ángeles para los áridos de la zahorra artificial**

Categoría tráfico pesado	
T00 a T2	T3, T4 y arcenes
30	35

Para materiales reciclados procedentes de capas de aglomerado de firmes de carretera o de de-



moliciones de hormigones de resistencia a compresión final superior a treinta y cinco megapascuales (35 MPa), así como para áridos siderúrgicos, el valor del coeficiente de Los Ángeles podrá ser superior en cinco (5) unidades a los valores que se exigen en el cuadro 510.2, siempre y cuando su composición granulométrica esté adaptada al huso ZAD20, especificado en el cuadro 510.3.1.

En el caso de los áridos para la zahorra natural, el valor del coeficiente de Los Ángeles será superior en cinco (5) unidades a los valores que se exigen en el cuadro 510.2, cuando se trate de áridos naturales. Para materiales reciclados procedentes de capas de aglomerado de firmes de carretera o de demoliciones de hormigones y para áridos siderúrgicos a emplear como zahorras naturales el valor del coeficiente de Los Ángeles podrá ser superior hasta en diez (10) unidades a los valores que se exigen en el cuadro 510.2.

### 510.2.6. Forma

En el caso de las zahorras artificiales, el índice de lasaj de las distintas fracciones del árido grueso, según la UNE-EN 933-3, deberá ser inferior a treinta y cinco (35).

### 510.2.7. Angulosidad

El porcentaje mínimo de partículas trituradas, según la UNE-EN 933-5, para las zahorras artificiales será del cien por ciento (100%) para firmes de calzada de carreteras con categoría de tráfico pesado T00 y T0, del setenta y cinco por ciento (75%) para firmes de calzada de carreteras con categoría de tráfico pesado T1 y T2 y arcenes de T00 y T0, y del cincuenta por ciento (50%) para los demás casos.

### 510.3. Tipo y composición del material

La granulometría del material, según la UNE-EN 933-1, deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos fijados en el cuadro 510.3.1 para las zahorras artificiales y en el cuadro 510.3.2 para las zahorras naturales.

En todos los casos, el cernido por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2 será menor que los dos tercios (2/3) del cernido por el tamiz 0,250 mm de la UNE-EN 933-2.

**Cuadro 510.3.1**  
**Husos granulométricos de las zahorras artificiales. Cernido acumulado (% en masa)**

Tipo de zahorra artificial*	Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)								
	40	25	20	8	4	2	0,500	0,250	0,063
ZA25	100	75-100	65-90	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9
ZA20	—	100	75-100	45-73	31-54	20-40	9-24	5-18	0-9
ZAD20	—	100	65-100	30-58	14-37	0-15	0-6	0-4	0-2

\* La designación del tipo de zahorra se hace en función del tamaño máximo nominal, que se define como la abertura del primer tamiz que retiene más de un diez por ciento en masa.

**Cuadro 510.3.2**  
**Husos granulométricos de las zahorras naturales. Cernido acumulado (% en masa)**

Tipo de zahorra natural*	Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)									
	50	40	25	20	8	4	2	0,500	0,250	0,063
ZN40	100	80-95	60-90	54-84	35-63	22-46	15-35	7-23	4-18	0-9
ZN25	—	100	75-95	65-90	40-68	27-51	20-40	7-26	4-20	0-11
ZN20	—	—	100	80-100	45-75	32-61	25-50	10-32	5-24	0-11

\* La designación del tipo de zahorra se hace en función del tamaño máximo nominal, que se define como la abertura del primer tamiz que retiene más de un diez por ciento en masa.

#### 510.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

No se podrá utilizar en la ejecución de las zavorras ningún equipo que no haya sido previamente aprobado por el Director de las Obras, después de la ejecución del tramo de prueba.

##### 510.4.1. Central de fabricación de la zavorra artificial

La fabricación de la zavorra artificial para su empleo en firmes de calzadas de carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T3 se realizará en centrales de mezcla. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo y la producción horaria mínima de la central.

En cualquier caso, la instalación deberá permitir dosificar por separado las distintas fracciones de árido y el agua en las proporciones y con las tolerancias fijadas en la fórmula de trabajo. El número mínimo de fracciones para las zavorras artificiales será de dos (2).

Las tolvas para los áridos deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero que evite que un exceso de contenido afecte al funcionamiento del sistema de clasificación. Se dispondrán con una separación suficiente para evitar contaminaciones entre ellas. Estas tolvas deberán, asimismo, estar provistas a su salida de dispositivos ajustables de dosificación.

Los sistemas de dosificación de los materiales podrán ser volumétricos; no obstante, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá establecer que sean ponderales, para la fabricación de zavorras artificiales que se vayan a emplear en calzadas de nueva construcción de carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T1 y cuando la obra tenga una superficie de pavimentación superior a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>).

Si se utilizan centrales de fabricación con dosificadores ponderales, éstos deberán ser independientes; al menos uno (1) para cada una de las fracciones del árido. La precisión del dosificador será superior al dos por ciento ( $\pm 2\%$ ).

El agua añadida se controlará mediante un caudalímetro, cuya precisión sea superior al dos por ciento ( $\pm 2\%$ ), y un totalizador con indicador en la cabina de mando de la central.

Los equipos de mezcla deberán ser capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

##### 510.4.2. Elementos de transporte

La zavorra se transportará al lugar de empleo en camiones de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia. Deberán disponer de lonas o cobertores adecuados para protegerla durante su transporte. Por seguridad de la circulación vial será inexcusable el empleo de cobertores para el transporte por carreteras en servicio.

##### 510.4.3. Equipos de extensión

En calzadas de nueva construcción de carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T1, y cuando la obra tenga una superficie superior a los setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), para la puesta en obra de las zavorras artificiales se utilizarán extendedoras automotrices, que estarán dotadas de los dispositivos necesarios para extender el material con la configuración deseada y proporcionarle un mínimo de compactación, así como de sistemas automáticos de nivelación.

En el resto de los casos el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, deberá fijar y aprobar los equipos de extensión de las zavorras.

En el caso de utilizarse extendedoras que no estén provistas de una tolva para la descarga del material desde los camiones, ésta deberá realizarse a través de dispositivos de preextensión (carretones o similares) que garanticen un reparto homogéneo y uniforme del material delante del equipo de extensión.

Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste.

Las anchuras mínima y máxima de extensión se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. Si al equipo de extensión pudieran acoplarse piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar alineadas con las existentes en la extendidora.

#### 510.4.4. Equipo de compactación

Todos los compactadores deberán ser auto-propulsados y tener inversores del sentido de la marcha de acción suave.

La composición del equipo de compactación se determinará en el tramo de prueba, y deberá estar compuesto como mínimo por un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos.

El rodillo metálico del compactador vibratorio tendrá una carga estática sobre la generatriz no inferior a trescientos newtons por centímetro (300 N/cm) y será capaz de alcanzar una masa de al menos quince toneladas (15 t), con amplitudes y frecuencias de vibración adecuadas.

Si se utilizasen compactadores de neumáticos, éstos deberán ser capaces de alcanzar una masa de al menos treinta y cinco toneladas (35 t) y una carga por rueda de cinco toneladas (5 t) y una presión de inflado que pueda llegar a alcanzar un valor no inferior a ocho décimas de megapascal (0,8 MPa).

Los compactadores con rodillos metálicos no presentarán surcos ni irregularidades en ellos. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de la marcha. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape entre las huellas delanteras y las traseras.

El Director de las Obras aprobará el equipo de compactación que se vaya a emplear, su composición y las características de cada uno de sus elementos, que serán los necesarios para conseguir una compacidad adecuada y homogénea de la zahorra en todo su espesor, sin producir roturas del material granular ni arrollamientos.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación convencionales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretenda realizar.

#### 510.5. Ejecución de las obras

##### 510.5.1. Estudio del material y obtención de la fórmula de trabajo

La producción del material no se iniciará hasta que se haya aprobado por el Director de las Obras la correspondiente fórmula de trabajo, establecida a partir de los resultados del control de procedencia del material (apartado 510.9.1).

Dicha fórmula señalará:

- En su caso, la identificación y proporción (en seco) de cada fracción en la alimentación.
- La granulometría de la zahorra por los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico.
- La humedad de compactación.
- La densidad mínima a alcanzar.

Si la marcha de las obras lo aconseja el Director de las Obras podrá exigir la modificación de la fórmula de trabajo. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva si varía la procedencia de los componentes, o si, durante la producción, se rebasaran las tolerancias granulométricas establecidas en el cuadro 510.4.

##### 510.5.2. Preparación de la superficie que va a recibir la zahorra

Una capa de zahorra no se extenderá hasta que se haya comprobado que la superficie sobre la que haya de asentarse tenga las condiciones de calidad y forma previstas, con las tolerancias establecidas.

**Cuadro 510.4**  
**Tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo en zahorra artificial**

Característica	Unidad	Categoría de tráfico pesado	
		T00 a T1	T2 a T4 y arcenes
Cernido por los tamices UNE-EN 933-2	> 4 mm	±6	±8
	≤ 4 mm	±4	±6
	0,063 mm	±1,5	±2
Humedad de compactación	% respecto de la óptima	±1	-1,5/+1

Se comprobarán la regularidad y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender la zahorra. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, indicará las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable y, en su caso, a reparar las zonas deficientes.

### 510.5.3. Preparación del material

Cuando las zahorras se fabriquen en central la adición del agua de compactación se realizará también en central, salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares permita expresamente la humectación *in situ*.

En los demás casos, antes de extender una tongada se procederá, si fuera necesario, a su homogeneización y humectación. Se podrán utilizar para ello la humectación previa en central u otros procedimientos sancionados por la práctica que garanticen, a juicio del Director de las Obras, las características previstas del material previamente aceptado, así como su uniformidad.

### 510.5.4. Extensión de la zahorra

Una vez aceptada la superficie de asiento se procederá a la extensión de la zahorra, en tongadas de espesor no superior a treinta centímetros (30 cm), tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones.

Todas las operaciones de aportación de agua deberán tener lugar antes de iniciar la compactación. Después, la única admisible será la destinada a lograr, en superficie, la humedad necesaria para la ejecución de la tongada siguiente.

### 510.5.5. Compactación de la zahorra

Conseguida la humedad más conveniente, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 510.5.1, se procederá a la compactación de la tongada, que se continuará hasta alcanzar la densidad especificada en el apartado 510.7.1. La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras en función de los resultados del tramo de prueba.

La compactación se realizará de manera continua y sistemática. Si la extensión de la zahorra

se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Las zonas que, por su reducida extensión, pendiente o proximidad a obras de paso o de desagüe, muros o estructuras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando, se compactarán con medios adecuados, de forma que las densidades que se alcancen no resulten inferiores, en ningún caso, a las exigidas a la zahorra en el resto de la tongada.

### 510.6. Tramo de pruebas

Antes de iniciarse la puesta en obra de la zahorra será preceptiva la realización de un tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo, la forma de actuación de los equipos de extensión y de compactación, y especialmente el plan de compactación. El tramo de prueba se realizará sobre una capa de apoyo similar en capacidad de soporte y espesor al resto de la obra.

Durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia, en su caso, entre los métodos de control de la humedad y densidad *in situ*, establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas, y otros métodos rápidos de control.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será en ningún caso inferior a cien metros (100 m). El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo.
  - En el primer caso se podrá iniciar la ejecución de la zahorra.
  - En el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, modificación en los sistemas de puesta en obra, corrección de la humedad de compactación, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista:
  - En el primer caso, definirá su forma específica de actuación.

- En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar equipos suplementarios.

No se podrá proceder a la producción sin que el Director de las Obras haya autorizado el inicio en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba.

## 510.7. Especificaciones de la unidad terminada

### 510.7.1. Densidad

Para las categorías de tráfico pesado T00 a T2, la compactación de la zahorra artificial deberá alcanzar una densidad no inferior a la que corresponda al cien por cien (100%) de la máxima de referencia, obtenida en el ensayo Proctor modificado, según la UNE 103501.

En el caso de la zahorra natural o cuando la zahorra artificial se vaya a emplear en calzadas de carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 o en arcenes, se podrá admitir una densidad no inferior al noventa y ocho por ciento (98%) de la máxima de referencia obtenida en el ensayo Proctor modificado, según la UNE 103501.

### 510.7.2. Capacidad de soporte

El valor del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa ( $E_{v2}$ ), según la NLT-357, será superior al menor valor de los siguientes:

- Los especificados en el cuadro 510.5, establecida según las categorías de tráfico pesado.

**Cuadro 510.5**  
Valor mínimo del módulo  $E_{v2}$  (MPa)

Tipo de zahorra	Categoría tráfico pesado			
	T00 a T1	T2	T3	T4 y arcenes
Artificial	180	150	100	80
Natural			80	60

- El valor exigido a la superficie sobre la que se apoya la capa de zahorra multiplicado

por uno coma tres (1,3), cuando se trate de zahorras sobre coronación de explanadas.

Además de lo anterior, el valor de la relación de módulos  $E_{v2}/E_{v1}$  será inferior a dos unidades y dos décimas (2,2).

### 510.7.3. Rasante, espesor y anchura

Dispuestos los sistemas de comprobación aprobados por el Director de las Obras, la rasante de la superficie terminada no deberá superar a la teórica en ningún punto ni quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm) en calzadas de carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2, ni en más de veinte milímetros (20 mm) en el resto de los casos. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán modificar los límites anteriores.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa extendida, que en ningún caso deberá ser inferior a la establecida en los Planos de secciones tipo. Asimismo, el espesor de la capa no deberá ser inferior en ningún punto al previsto para ella en los Planos de secciones tipo; en caso contrario se procederá según el apartado 510.10.3.

### 510.7.4. Regularidad superficial

El Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, deberá cumplir en zahorras artificiales lo fijado en el cuadro 510.6, en función del espesor total ( $e$ ) de las capas que se vayan a extender sobre ella.

**Cuadro 510.6**  
Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm)

Porcentaje de hectómetros	Espesor total de las capas superiores (cm)		
	$e \geq 20$	$10 < e < 20$	$e \leq 10$
50	< 3,0	< 2,5	< 2,5
80	< 4,0	< 3,5	< 3,5
100	< 5,0	< 4,5	< 4,0

Se comprobará que no existen zonas que tengan agua sobre la superficie, las cuales, si existieran, deberán corregirse por el Contratista a su cargo.

## 510.8. Limitaciones de la ejecución

Las zahorras se podrán poner en obra siempre que las condiciones meteorológicas no hubieran producido alteraciones en la humedad del material, tales que se superasen las tolerancias especificadas en el apartado 510.5.1.

Sobre las capas recién ejecutadas se procurará evitar la acción de todo tipo de tráfico. Si esto no fuera posible, sobre las zahorras artificiales se dispondrá un riego de imprimación con una protección mediante la extensión de una capa de árido de cobertura, según lo indicado en el artículo 530 de este Pliego. Dicha protección se barrerá antes de ejecutar otra unidad de obra sobre las zahorras. En cualquier circunstancia, se procurará una distribución uniforme del tráfico de obra en toda la anchura de la traza. El Contratista será responsable de los daños originados, debiendo proceder a su reparación con arreglo a las instrucciones del Director de las Obras.

## 510.9. Control de calidad

### 510.9.1. Control de procedencia del material

Si con el material utilizado se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo o estuviese en posesión de una marca, sello o distintivo de calidad homologado, según lo indicado en el apartado 510.12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia del material no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

Antes de iniciar la producción, se reconocerá cada acopio, préstamo o procedencia, determinando su aptitud, según el resultado de los ensayos. El reconocimiento se realizará de la forma más representativa posible para cada tipo de material: mediante la toma de muestras en acopios, o a la salida de la cinta en las instalaciones de fabricación, o mediante sondeos, calicatas u otros métodos de toma de muestras.

Para cualquier volumen de producción previsto, se ensayará un mínimo de cuatro (4) muestras, añadiéndose una (1) más por cada diez mil metros cúbicos (10.000 m<sup>3</sup>) o fracción, de exceso sobre cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m<sup>3</sup>).

Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.
- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Índice de lajas, según la UNE-EN 933-3 (sólo para zahorras artificiales).
- Partículas trituradas, según la UNE-EN 933-5 (sólo para zahorras artificiales).
- Humedad natural, según la UNE-EN 1097-5.

El Director de las Obras comprobará además:

- La retirada de la eventual montera en la extracción de la zahorra.
- La exclusión de vetas no utilizables.

### 510.9.2. Control de ejecución

#### 510.9.2.1. Fabricación

Se examinará la descarga al acopio o en el tajo, desechando los materiales que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo aceptado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc.

En su caso, se vigilará la altura de los acopios, el estado de sus separadores y de sus accesos.

En el caso de las zahorras artificiales preparadas en central se llevará a cabo la toma de muestras a la salida del mezclador. En los demás casos se podrá llevar a cabo la toma de muestras en los acopios.

Para el control de fabricación se realizarán los siguientes ensayos:

*Por cada mil metros cúbicos (1.000 m<sup>3</sup>) de material producido, o cada día si se fabricase menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:*



- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.

*Por cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m<sup>3</sup>) de material producido, o una (1) vez a la semana si se fabricase menos material:*

- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Proctor modificado, según la UNE 103501.
- Índice de lajas, según la UNE-EN 933-3 (sólo para zahorras artificiales).
- Partículas trituradas, según la UNE-EN 933-5 (sólo para zahorras artificiales).
- Humedad natural, según la UNE-EN 1097-5.

*Por cada veinte mil metros cúbicos (20.000 m<sup>3</sup>) de material producido, o una (1) vez al mes si se fabricase menos material:*

- Coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.

El Director de las Obras podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad (1/2) si considerase que los materiales son suficientemente homogéneos, o si en el control de recepción de la unidad terminada (apartado 510.9.3) se hubieran aprobado diez (10) lotes consecutivos.

### 510.9.2.2. Puesta en obra

Antes de verter la zahorra, se comprobará su aspecto en cada elemento de transporte y se rechazarán todos los materiales segregados.

Se comprobarán frecuentemente:

- El espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras.
- La humedad de la zahorra en el momento de la compactación, mediante un procedimiento aprobado por el Director de las Obras.
- La composición y forma de actuación del equipo de puesta en obra y compactación, verificando:
  - Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.

- El lastre y la masa total de los compactadores.
- La presión de inflado en los compactadores de neumáticos.
- La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

### 510.9.3. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes a una (1) sola tongada de zahorra:

- Una longitud de quinientos metros (500 m) de calzada.
- Una superficie de tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

La realización de los ensayos *in situ* y la toma de muestras se hará en puntos previamente seleccionados mediante muestreo aleatorio, tanto en sentido longitudinal como transversal; de tal forma que haya al menos una toma o ensayo por cada hectómetro (1/hm).

Si durante la construcción se observaran defectos localizados, tales como blandones, se corregirán antes de iniciar el muestreo.

Se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de siete (7) por cada lote. En el caso de usarse sonda nuclear u otros métodos rápidos de control, éstos habrán sido convenientemente calibrados en la realización del tramo de prueba. En los mismos puntos donde se realice el control de la densidad se determinará el espesor de la capa de zahorra.

Se realizará un (1) ensayo de carga con placa, según la NLT-357, sobre cada lote. Se llevará a cabo una determinación de humedad natural en el mismo lugar en que se realice el ensayo de carga con placa.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa.



Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa, mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 510.7.4.

## 510.10. Criterios de aceptación o rechazo del lote

### 510.10.1. Densidad

La densidad media obtenida no será inferior a la especificada en el apartado 510.7.1; no más de dos (2) individuos de la muestra podrán arrojar resultados de hasta dos (2) puntos porcentuales por debajo de la densidad especificada. De no alcanzarse los resultados exigidos, el lote se recompactará hasta conseguir la densidad especificada.

Los ensayos de determinación de humedad tendrán carácter indicativo y no constituirán, por sí solos, base de aceptación o rechazo.

### 510.10.2. Capacidad de soporte

El módulo de compresibilidad  $E_{v2}$  y la relación de módulos  $E_{v2}/E_{v1}$ , obtenidos en el ensayo de carga con placa, no deberán ser inferiores a los especificados en el apartado 510.7.2. De no alcanzarse los resultados exigidos, el lote se recompactará hasta conseguir los módulos especificados.

### 510.10.3. Espesor

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al previsto en los Planos de secciones tipo; no más de dos (2) individuos de la muestra podrán presentar resultados individuales que bajen del especificado en un diez por ciento (10%).

Si el espesor medio obtenido en la capa fuera inferior al especificado se procederá de la siguiente manera:

- Si el espesor medio obtenido en la capa fuera inferior al ochenta y cinco por ciento

(85%) del especificado, se escarificará la capa en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm), se añadirá el material necesario de las mismas características y se volverá a compactar y refinar la capa por cuenta del Contratista.

- Si el espesor medio obtenido en la capa fuera superior al ochenta y cinco por ciento (85%) del especificado y no existieran problemas de encharcamiento, se podrá admitir siempre que se compense la merma de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista.

### 510.10.4. Rasante

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas en el apartado 510.7.3, ni existirán zonas que retengan agua.

Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el Director de las Obras podrá aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario sin incremento de coste para la Administración.

Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, éste se corregirá por cuenta del Contratista, siempre que esto no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos.

### 510.10.5. Regularidad superficial

En el caso de la zahorra artificial, si los resultados de la regularidad superficial de la capa terminada exceden los límites establecidos, se procederá de la siguiente manera:

- Si es en más del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado se escarificará la capa en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm) y se volverá a compactar y refinar por cuenta del Contratista.
- Si es en menos de un diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

## 510.11. Medición y abono

La zahorra se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) medidos sobre los planos de Proyecto. No serán de abono las creces laterales, ni las consecuentes de la aplicación de la compensación de una merma de espesores en las capas subyacentes.

## 510.12. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

NLT-326 Ensayo de lixiviación en materiales para carreteras (Método del tanque).

NLT-330 Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.

NLT-357 Ensayo de carga con placa.

UNE 103103 Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.

UNE 103104 Determinación del límite plástico de un suelo.

UNE 103501 Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.

UNE 146130 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas pavimentadas.

UNE-EN 196-2 Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cemento.

UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.

UNE-EN 933-2 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.

UNE-EN 933-5 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.

UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.

UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 1097-5 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 5: Determinación del contenido en agua por secado en estufa.

UNE-EN 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.

# 512. Suelos estabilizados in situ (\*)

## 511.1. Definición

Se define como suelo estabilizado *in situ* la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con cal o con cemento, y eventualmente agua, en la propia traza de la carretera, la cual convenientemente compactada, tiene por objeto disminuir la susceptibilidad al agua del suelo o aumentar su resistencia, para su uso en la formación de explanadas.

La ejecución de un suelo estabilizado *in situ* incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie existente.
- Disgregación del suelo.
- Humectación o desecación del suelo.
- Distribución de la cal o del cemento.
- Ejecución de la mezcla.
- Compactación.
- Terminación de la superficie.
- Curado y protección superficial.

Según sus características finales se establecen tres tipos de suelos estabilizados *in situ*, denominados respectivamente S-EST1, S-EST2 y S-EST3. Los dos primeros se pueden conseguir con cal o con cemento, mientras que el tercer tipo se tiene que realizar necesariamente con cemento.

## 511.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto

1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE; en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

## 512.2.1. Cal

Salvo justificación en contrario, para la estabilización de suelos se usarán cales aéreas hidratadas del tipo CL-90, conformes a la UNE-EN 459-1.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá fijar la clase de cal según el tipo de suelo que se vaya a estabilizar. Esta cumplirá las prescripciones del artículo 200 de este Pliego y las adicionales que establezca, en su caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

## 512.2.2. Cemento

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el tipo y la clase resistente del cemento. Éste cumplirá las prescripciones del artículo 202 de

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo. Esta OM suprimió, entre otros, los artículos: 510. «Suelos estabilizados “in situ” con cal», 511. «Suelos estabilizados “in situ” con cemento» y 512. «Suelos estabilizados con cemento».

este Pliego y las adicionales que establezca, en su caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Salvo justificación en contrario, la clase resistente del cemento será la 22,5N o la 32,5N para los cementos especiales tipo ESP-VI-1 y la 32,5N para los cementos comunes. No se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en la fábrica.

Si el contenido de sulfatos solubles ( $\text{SO}_3$ ) en el suelo que se vaya a estabilizar, determinado según la UNE 103201, fuera superior al cinco por mil (0,5%) en masa, deberá emplearse un cemento resistente a los sulfatos y aislar adecuadamente estas capas de las obras de paso de hormigón.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el principio de fraguado, según la UNE-EN 196-3, que, en todo caso, no podrá tener lugar antes de las dos horas (2 h). No obstante, si la estabilización se realizase con temperatura ambiente superior a treinta grados Celsius (30 °C), el principio de fraguado, determinado con dicha norma, pero realizando los ensayos a una temperatura de cuarenta más menos dos grados Celsius ( $40 \pm 2$  °C), no podrá tener lugar antes de una hora (1 h).

### 512.2.3. Suelo

#### 512.2.3.1. Características generales

Los materiales que se vayan a estabilizar *in situ* con cal o con cemento serán suelos de la traza u otros materiales locales que no contengan en ningún caso materia orgánica, sulfatos, sulfuros, fosfatos, nitratos, cloruros u otros compuestos químicos en cantidades perjudiciales (en especial para el fraguado, en el caso de que se emplee cemento).

Los materiales que se vayan a estabilizar con cemento no presentarán reactividad potencial con los álcalis de éste. En materiales sobre los que no exista suficiente experiencia en su comportamiento en mezclas con cemento, realizado el análisis químico de la concentración de  $\text{SiO}_2$  y de la reducción de la alcalinidad  $R$ , según la UNE 146507-1, el material será considerado potencialmente reactivo si:

- $\text{SiO}_2 > R$  cuando  $R \geq 70$
- $\text{SiO}_2 > 35 + 0,5R$  cuando  $R < 70$

#### 512.2.3.2. Granulometría

Los suelos que se vayan a estabilizar *in situ* con cal cumplirán, lo indicado en el cuadro 512.1.1.

**Cuadro 512.1.1**  
Granulometría del suelo en las estabilizaciones con cal

Tipo de suelo estabilizado	Cernido acumulado (% en masa)	
	Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)	
	80	0,063
S-EST1 y S-EST2	100	$\geq 15$

Por su parte, los suelos que se vayan a estabilizar *in situ* con cemento cumplirán, bien en su estado natural o bien tras un tratamiento previo con cal, lo indicado en el cuadro 512.1.2.

**Cuadro 512.1.2**  
Granulometría del suelo en las estabilizaciones con cemento

Tipo de suelo estabilizado	Cernido acumulado (% en masa)		
	Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)		
	80	2	0,063
S-EST1 y S-EST2	100	> 20	< 50
S-EST3			< 35

#### 512.2.3.3. Composición química

Los suelos que se vayan a estabilizar *in situ* con cal o con cemento cumplirán lo indicado en el cuadro 512.2.

#### 512.2.3.4. Plasticidad

Los suelos que se vayan a estabilizar *in situ* con cal cumplirán lo indicado en el cuadro 512.3.1.

Si el índice de plasticidad fuera superior a cuarenta (40), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá ordenar que la mezcla del suelo con la cal se realice en dos (2) etapas.

**Cuadro 512.2**  
**Composición química del suelo**

Característica	Norma	Tipo de suelo estabilizado		
		S-EST1	S-EST2	S-EST3
Materia orgánica (MO) (% en masa)	UNE 103204	< 2		< 1
Sulfatos solubles (SO <sub>3</sub> ) (% en masa)	UNE 103201		< 1	

**Cuadro 512.3.1**  
**Plasticidad del suelo en las estabilizaciones con cal**

Tipo de suelo estabilizado	Índice de plasticidad (IP) (UNE 103104)
S-EST1	≥ 12
S-EST2	≥ 12 y ≤ 40

Por su parte, los suelos que se vayan a estabilizar *in situ* con cemento cumplirán lo indicado en el cuadro 512.3.2.

Cuando interese utilizar suelos con un índice de plasticidad superior al indicado, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá ordenar un tratamiento previo con cal, con una dotación mínima del uno por ciento (1%) en masa del suelo seco, de manera que el índice de plasticidad satisfaga las exigencias de el cuadro 512.3.2.

**Cuadro 512.3.2**  
**Plasticidad del suelo en las estabilizaciones con cemento**

Característica	Norma	Tipo de suelo estabilizado		
		S-EST1	S-EST2	S-EST3
Límite líquido (LL)	UNE 103103	—		≤ 40
Índice de plasticidad (IP)	UNE 103104		≤ 15	

## 512.2.4. Agua

El agua cumplirá las prescripciones del artículo 280 de este Pliego.

## 511.3. Tipo y composición del suelo estabilizado

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y la composición del suelo estabilizado, cuyo contenido de cal o de cemento, capacidad de soporte y densidad deberán cumplir lo indicado en el cuadro 512.4.

El suelo estabilizado no presentará asiento en el ensayo de colapso realizado según la NLT-254, ni hinchamiento en el ensayo de expansión según la UNE 103601. Si el suelo que se vaya a estabilizar presentara hinchamiento o colapso en

los ensayos mencionados, se comprobará que éste desaparece en el suelo estabilizado en ensayos realizados a las veinticuatro horas (24 h) de su mezcla con el conglomerante. Si a esta edad siguiera presentando hinchamiento o colapso se repetirán los ensayos a los tres días (3 d) o a los siete días (7 d).

Los suelos estabilizados no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciables bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en el lugar de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o contaminar los suelos o corrientes de agua.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes del suelo que

**Cuadro 512.4**  
**Especificaciones del suelo estabilizado *in situ***

Característica	Unidad	Norma	Tipo de suelo estabilizado		
			S-EST1	S-EST2	S-EST3
Contenido de cal o de cemento	% en masa del suelo seco		≥ 2	≥ 3	
Índice CBR, a 7 días*	—	UNE 103502	≥ 6	≥ 12	
Compresión simple, a 7 días*	MPa	NLT-305	—	—	≥ 1,5
Densidad (Proctor modificado)	% de la densidad máxima	UNE 103501	> 95**	> 97	> 98

\* Para la realización de estos ensayos, las probetas se compactarán, según la NLT-310, con la densidad especificada en la fórmula de trabajo.

\*\* Para la capa de coronación de la categoría de explanada E1 definida en la Norma 6.1 IC de Secciones de firme, este valor será del noventa y siete por ciento (97%).

puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medio ambiente o para los elementos de construcción situados en las proximidades, se aplicará la NLT-326.

En el caso de los suelos estabilizados con cal, en la fabricación de las probetas para la realización del ensayo Proctor modificado según la UNE 103501, entre la mezcla del suelo con cal y la compactación deberá transcurrir un tiempo semejante al previsto entre esas mismas operaciones en el proceso de ejecución de las obras.

El suelo estabilizado *in situ* con cemento deberá tener un plazo de trabajabilidad, de acuerdo con la norma UNE 41240, tal que permita completar la compactación de una franja antes de que haya finalizado dicho plazo en la franja adyacente estabilizada previamente, no pudiendo ser inferior al indicado en el cuadro 512.5.

**Cuadro 512.5**

**Plazo mínimo de trabajabilidad ( $t_{pm}$ ) del suelo estabilizado *in situ* con cemento**

Tipo de obra	$t_{pm}$ (minutos) (UNE 41240)
Anchura completa	120
Por franjas	180

### 511.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

No se podrá utilizar en la ejecución de los suelos estabilizados *in situ* con cal o con cemento ningún equipo que no haya sido previamente aprobado por el Director de las Obras, después de la ejecución del tramo de prueba.

Para la ejecución de los suelos estabilizados *in situ* se deberán emplear equipos mecánicos. Éstos podrán ser equipos independientes que realicen por separado las operaciones de disgregación, distribución de la cal o del cemento, humectación, mezcla y compactación, o bien equipos que realicen dos o más de estas operaciones, excepto la compactación, de forma simultánea.

Salvo justificación en contrario, para las carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T1 o cuando la superficie a tratar sea superior a los setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), será preceptivo el empleo de equipos que integren en una sola máquina las operaciones de disgregación, de dosificación y distribución de la cal o del cemento y del agua, y de mezcla.

La mezcla *in situ* del suelo con cal o con cemento se realizará mediante equipos autopropulsados que permitan una suficiente disgregación de aquél hasta la profundidad establecida en los Planos, si dicha disgregación no hubiera sido previamente obtenida por escarificación, y una mezcla uniforme de ambos materiales en una sola pasada. Dicho equipo deberá contar con una unidad específica para realizar estas operaciones de forma secuencial, disponiendo además de los sistemas de control y de regulación de la profundidad de mezcla y de un sistema de inyección del agua o de la lechada.

En zonas tales que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de paso o de drenaje, a muros o estructuras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté uti-



lizando, se emplearán los medios adecuados a cada caso, de forma que las características obtenidas no difieran de las exigidas en las demás zonas.

Salvo justificación en contrario, el cemento o la cal se dosificarán como lechada. Se podrá dosificar en polvo en obras pequeñas (menos de 70.000 m<sup>2</sup>) o cuando sea conveniente una reducción de la humedad natural del suelo, siempre que lo autorice expresamente el Director de las Obras; en este caso, y siempre que se cumplan los requisitos de la legislación ambiental y de seguridad y salud, se emplearán equipos con dosificación ligada a la velocidad de avance, que podrán consistir en camiones-silo o en tanques remolcados con tolvas acopladas en la parte posterior con compuerta regulable. Si la descarga del cemento o de la cal sobre el suelo a estabilizar se realizase desde una altura superior a diez centímetros (10 cm), el dispositivo de descarga estará protegido con faldones cuya parte inferior no deberá distar más de diez centímetros (10 cm) de la superficie.

Cuando el cemento o la cal se aporten en forma de lechada, el equipo para su fabricación tendrá un mezclador con alimentación volumétrica de agua y dosificación ponderal del conglomerante. El equipo de estabilización deberá estar provisto de un dosificador-distribuidor volumétrico de lechada, con bomba de caudal variable y dispositivo de rociado, así como de control automático programable de dosificación, que permita adecuar las dosificaciones a la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y la anchura de la capa que se vaya a estabilizar, y según el avance de la máquina, con las tolerancias fijadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Todos los compactadores deberán ser autopulsados, tener inversores del sentido de la marcha de acción suave y estar dotados de dispositivos para mantenerlos húmedos en caso necesario. La composición del equipo de compactación se determinará en el tramo de prueba, y deberá estar compuesto como mínimo de un (1) compactador vibratorio de rodillo metálico y de un (1) compactador de neumáticos.

El compactador vibratorio dispondrá de un rodillo metálico con una carga estática sobre la generatriz no inferior a trescientos newtons por centímetro (300 N/cm) y capaz de alcanzar una masa de al menos quince toneladas (15 t) con amplitudes y frecuencias de vibración adecuadas. El compactador de neumáticos será capaz de alcanzar una masa de al menos treinta y cin-

co toneladas (35 t) y una carga por rueda de cinco toneladas (5 t), con una presión de inflado que pueda alcanzar al menos ocho décimas de megapascal (0,8 MPa).

Los compactadores de rodillos metálicos no presentarán surcos ni irregularidades en ellos. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de la marcha. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras con las de las traseras.

El Director de las Obras aprobará el equipo de compactación que se vaya a emplear, su composición y las características de cada uno de sus componentes, que serán las necesarias para conseguir una densidad adecuada y homogénea del suelo estabilizado en todo su espesor, sin producir arrollamientos.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretenda realizar.

## 512.5. Ejecución de las obras

### 512.5.1. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La estabilización de suelos *in situ* con cal o con cemento no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, previo estudio en laboratorio y comprobación en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La dosificación mínima de conglomerante (indicando de la cal su clase de acuerdo con el artículo 200 de este Pliego y del cemento su tipo y clase resistente de acuerdo con el artículo 202 de este Pliego) referida a la masa total de suelo seco y, en su caso, por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de superficie, la cual no deberá ser inferior a la mínima fijada en el cuadro 512.4.
- El contenido de humedad, según la UNE 103300, del suelo inmediatamente antes de su mezcla con la cal o con el cemento, y el de la mezcla en el momento de su compactación.



- La compacidad a obtener, mediante el valor mínimo de la densidad que deberá cumplir lo fijado en el cuadro 512.4.
- El índice CBR a siete días (7 d) o la resistencia a compresión simple a la misma edad, según el tipo de suelo estabilizado, cuyos valores deberán cumplir lo fijado en el cuadro 512.4.
- El plazo de trabajabilidad en el caso de las estabilizaciones con cemento, cuyo valor deberá cumplir lo indicado en el cuadro 512.5.

Si la marcha de los trabajos lo aconsejase, el Director de las Obras podrá modificar la fórmula de trabajo, a la vista de los resultados obtenidos de los ensayos, pero respetando la dosificación mínima de cal o de cemento, el valor mínimo del índice CBR o de la resistencia a compresión simple, ambos a siete días (7 d), y las demás especificaciones fijadas en este artículo para la unidad terminada. En todo caso, se estudiará y aprobará otra fórmula de trabajo, de acuerdo con lo indicado en este apartado, cada vez que varíen las características del suelo a estabilizar, o de alguno de los componentes de la estabilización, o si varían las condiciones ambientales.

La tolerancia admisible, respecto a la fórmula de trabajo, del contenido de humedad del suelo estabilizado en el momento de su compactación, será de dos puntos ( $\pm 2\%$ ) respecto a la humedad óptima definida en el ensayo Proctor modificado.

En el caso de suelos inadecuados o marginales susceptibles de hinchamiento o colapso, la humedad de mezcla y compactación más conveniente deberá ser objeto de estudio especial para determinar la humedad de compactación.

### 512.5.2. Preparación del superficie existente

Si se añade suelo de aportación para corregir las características del existente, se deberán mezclar ambos en todo el espesor de la capa que se vaya a estabilizar, antes de iniciar la distribución de la cal o del cemento.

Si el suelo que se va a estabilizar fuera en su totalidad de aportación, se deberá comprobar, antes de extenderlo, que la superficie subyacente tenga la densidad exigida y las rasantes indicadas en los Planos, con las tolerancias establecidas en este Pliego. Si en dicha superficie

existieran irregularidades que excedan de las mencionadas tolerancias, se corregirán de acuerdo con las prescripciones de la unidad de obra correspondiente de este Pliego.

### 512.5.3. Disgregación del suelo

Cuando se estabilice el suelo existente en la traza, éste deberá disgregarse en toda la anchura de la capa que se vaya a estabilizar, y hasta la profundidad necesaria para alcanzar, una vez compactada, el espesor de estabilización señalado en los Planos.

El suelo que se vaya a estabilizar deberá disgregarse hasta conseguir una eficacia mínima del cien por cien (100%), referida al tamiz 25 mm de la UNE-EN 933-2, y del ochenta por ciento (80%) en estabilizaciones para obtener SEST-3 y SEST-2 y del sesenta por ciento (60%) en estabilizaciones SEST-1, referida al tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2. La eficacia de disgregación se definirá por la relación entre el cernido en obra del material húmedo y el cernido en laboratorio de ese mismo material desecado y desmenuzado, por el tamiz al que se refiere.

El suelo disgregado no deberá presentar en ninguna circunstancia elementos ni grumos de tamaño superior a los ochenta milímetros (80 mm). La disgregación se podrá hacer en una sola etapa, pero en algunos tipos de suelos podrá haber dificultades para alcanzar el grado de disgregación necesario, por exceso o por defecto de humedad, o por un índice de plasticidad elevado. En el primer caso se corregirá el grado de humedad del suelo, según el apartado 512.5.4.

En los casos de estabilización con cal de suelos con índice de plasticidad elevado, en los que no se consiga la eficacia de disgregación requerida, podrá ser necesario realizar la disgregación, distribución y mezcla de la cal en dos etapas, de manera que la cal añadida en la primera etapa contribuya a hacer el suelo más friable y a conseguir el grado de finura deseado en la mezcla final. Salvo justificación en contrario, en esa primera etapa bastará con que la totalidad de los grumos tengan un tamaño inferior a cincuenta milímetros (50 mm) y podrá ser conveniente elevar la humedad del suelo entre dos y diez (2 a 10) puntos porcentuales por encima de la óptima de compactación.

Tras la mezcla inicial con cal el material tratado se compactará ligeramente para evitar variaciones de humedad y reducir la carbonatación

de la cal y se dejará curar de veinticuatro a cuarenta y ocho horas (24 a 48 h). Este plazo de curado podrá ser aumentado hasta siete días (7 d), a criterio del Director de las Obras, si el índice de plasticidad del suelo, según la UNE 103104, fuera superior a cuarenta (40). Transcurrido el plazo de este curado inicial se procederá a la realización de la segunda etapa, en la que se llevarán a cabo todas las operaciones de disgregación, corrección de humedad, distribución de cal, mezcla, compactación, terminación y curado final, de manera similar a como se prescriben para las estabilizaciones convencionales realizadas en una sola etapa.

#### 512.5.4. Humectación o desecación del suelo

La humedad del suelo deberá ser tal que permita que, con el equipo que se vaya a realizar la estabilización, se consiga el grado de disgregación requerido y su mezcla con la cal o con el cemento sea total y uniforme.

En el caso de ser necesaria la incorporación de agua a la mezcla para alcanzar el valor de humedad fijado por la fórmula de trabajo, deberán tenerse en cuenta las posibles evaporaciones o precipitaciones que puedan tener lugar durante la ejecución de los trabajos. Dicha incorporación deberá realizarse, preferentemente, por el propio equipo de mezcla.

El Director de las Obras podrá autorizar el empleo de un tanque regador independiente; en este caso, el agua deberá agregarse uniformemente disponiéndose los equipos necesarios para asegurar la citada uniformidad e incluso realizando un desmenuzamiento previo del suelo si fuera necesario. Deberá evitarse que el agua escurra por las roderas dejadas por el tanque regador, o se acumule en ellas. Asimismo, no se permitirán paradas del equipo mientras esté regando, con el fin de evitar la formación de zonas con exceso de humedad.

Previa aceptación del Director de las Obras, los suelos cohesivos se humedecerán, en su caso, el día anterior al de la ejecución de la mezcla, para que la humedad sea uniforme.

En los casos en que la humedad natural del material sea excesiva, se tomarán las medidas adecuadas para conseguir el grado de disgregación y la compactación previstos, pudiéndose proceder a su desecación por oreo o a la adición y mezcla de materiales secos; o se podrá realizar,

previa autorización del Director de las Obras, una etapa previa de disgregación y mezcla con cal para la corrección del exceso de humedad del suelo, tanto si finalmente se va a estabilizar con cal como si se va a estabilizar con cemento.

#### 512.5.5. Distribución de la cal o del cemento

La cal o el cemento se distribuirán uniformemente mediante equipos mecánicos con la dosificación fijada en la fórmula de trabajo, en forma de lechada y directamente en el mezclador.

Antes de iniciar el proceso en obra se purgarán y pondrán a punto las bombas y los dispersores de agua y de lechada, fuera del lugar de empleo, para garantizar las dotaciones establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua y uniforme. En cada parada del equipo se realizará una limpieza de los difusores, y como mínimo dos (2) veces al día.

El Director de las Obras podrá autorizar la distribución de la cal o del cemento en seco en obras pequeñas (menos de 70.000 m<sup>2</sup>) o cuando sea conveniente por el exceso de humedad natural del suelo.

En el caso de que la dosificación se realice en seco, deberán coordinarse adecuadamente los avances del equipo de dosificación de conglomerante y del de mezcla, no permitiéndose que haya entre ambos un desfase superior a veinte metros (20 m). La extensión se detendrá cuando la velocidad del viento fuera excesiva, a juicio del Director de las Obras, cuando supere los diez metros por segundo (10 m/s), o cuando la emisión de polvo afecte a zonas pobladas, ganaderías, o especialmente sensibles. No podrá proceder a la distribución de la cal o del cemento en seco mientras queden concentraciones superficiales de humedad.

Sólo en zonas de reducida extensión, no accesibles a los equipos mecánicos, el Director de las Obras podrá autorizar la distribución manual. Para ello, se utilizarán sacos de cal o de cemento que se colocarán sobre el suelo formando una cuadrícula de lados aproximadamente iguales, correspondientes a la dosificación aprobada. Una vez abiertos los sacos, su contenido será distribuido rápida y uniformemente mediante rastrillos manuales o rastras de púas remolcadas.

En la distribución del conglomerante se tomarán las medidas adecuadas para el cumplimiento de la legislación que, en materia ambien-

tal, de seguridad laboral y de transporte y almacenamiento de materiales, estuviese vigente.

#### 512.5.6. *Ejecución de la mezcla*

Inmediatamente después de la distribución del conglomerante deberá procederse a su mezcla con el suelo. Se deberá obtener una dispersión homogénea, lo que se reconocerá por un color uniforme de la mezcla y la ausencia de grumos. Todo el conglomerante se deberá mezclar con el suelo disgregado antes de haber transcurrido una hora (1 h) desde su aplicación.

El equipo de mezcla deberá contar con los dispositivos necesarios para asegurar un amasado homogéneo en toda la anchura y profundidad del tratamiento. Si se detectaran segregaciones, partículas sin mezclar, o diferencias de contenido de cemento, de cal o de agua en partes de la superficie estabilizada, deberá detenerse el proceso y realizar las oportunas correcciones hasta solucionar las deficiencias.

El material estabilizado con cemento no podrá permanecer más de media hora (1/2 h) sin que se proceda al inicio de la compactación.

#### 512.5.7. *Compactación*

En el momento de iniciar la compactación, la mezcla deberá estar disgregada en todo su espesor y su grado de humedad será el correspondiente al de la óptima del ensayo Proctor modificado, con las tolerancias admitidas en el apartado 512.5.1.

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras de acuerdo con los resultados del tramo de prueba. Se compactará en una sola tongada y se continuará hasta alcanzar la densidad especificada en el apartado 512.7.1.

En el caso de las estabilizaciones con cemento, el proceso completo desde la mezcla del cemento con el agua hasta la terminación de la superficie deberá realizarse dentro del plazo de trabajabilidad de la mezcla.

La compactación se realizará de manera continua y uniforme. Si el proceso completo de ejecución, incluida la mezcla, se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya, al menos, quince centímetros (15 cm) de la anterior. Deberá dis-

ponerse en los bordes una contención lateral adecuada. Si la mezcla se realiza con dos máquinas en paralelo con un ligero desfase, se compactarán las dos franjas a la vez.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano al equipo de mezcla. Los cambios de dirección de los compactadores se realizarán sobre mezcla ya compactada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

Durante la compactación, la superficie del suelo estabilizado *in situ* se conformará mediante su refino con motoniveladora, eliminando irregularidades, huellas o discontinuidades, para lo cual el Director de las Obras podrá aprobar la realización de una ligera escarificación de la superficie y su posterior recompactación previa adición del agua necesaria, que en el caso de estabilizar con cemento deberá tener en cuenta el plazo de trabajabilidad.

#### 512.5.8. *Terminación de la superficie*

Una vez terminada la compactación no se permitirá su recrecimiento. Sin embargo, para el suelo estabilizado con cal, y para el suelo estabilizado con cemento siempre que esté dentro del plazo de trabajabilidad de la mezcla, se podrá hacer un refino con motoniveladora hasta conseguir la rasante y sección definidas en los Planos de proyecto, con las tolerancias establecidas en este artículo. A continuación se procederá a eliminar de la superficie todo el material suelto, por medio de barredoras mecánicas de púas no metálicas, y a la recompactación posterior del área corregida.

Los materiales procedentes del refino deberán ser retirados a vertedero según lo dispuesto en la legislación vigente sobre medio ambiente.

#### 512.5.9. *Ejecución de juntas*

Después de haber extendido y compactado una franja, se realizará la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal, lo cual debe ser evitado en la medida de lo posible.

Entre las sucesivas pasadas del equipo de estabilización deberá producirse un solape trans-

versal con el fin de evitar la existencia de zonas insuficientemente tratadas o la acumulación de segregaciones. Este solape vendrá impuesto por las anchuras de las máquinas y de la franja a tratar y generalmente estará comprendido entre quince y veinticinco centímetros (15 a 25 cm). La máquina dosificadora-mezcladora deberá tener cerrados los difusores de cal o de cemento y de agua correspondientes a la franja de solape para evitar la producción de suelo estabilizado con dotaciones distintas de la especificada.

En estabilizaciones con cemento, se dispondrán juntas transversales de trabajo donde el proceso constructivo se interrumpiera más del tiempo de trabajabilidad de la mezcla. Las juntas transversales de trabajo se efectuarán disgregando el material de una zona ya tratada en la longitud suficiente, en general no menos de un diámetro del rotor-fresador, bajando hasta la profundidad especificada sin avanzar, para que pueda regularse con precisión la incorporación de la cal o del cemento en la zona no tratada.

#### 512.5.10. *Curado y protección superficial*

Una vez finalizada la compactación, y siempre dentro de la misma jornada de trabajo, se aplicará un riego de curado, según se especifica en el artículo 532 de este Pliego. Hasta la aplicación del riego de curado deberá mantenerse la superficie constantemente húmeda, para lo cual deberá regarse con la debida frecuencia, pero teniendo cuidado para que no se produzcan encharcamientos.

Cuando la capa de suelo estabilizado no constituya la coronación de la explanada, podrá prescindirse del riego de curado siempre que se mantenga la superficie húmeda durante un periodo mínimo de tres a siete días (3 a 7 d) a partir de su terminación, y previa autorización del Director de las Obras.

Si se prevé la posibilidad de heladas dentro de un plazo de siete días (7 d) a partir de la terminación, el suelo estabilizado deberá protegerse contra aquéllas, siguiendo las instrucciones del Director de las Obras.

En los suelos estabilizados con cemento que constituyan capas de coronación para la formación de explanadas de categoría E1, E2 y E3, de las definidas en la Norma 6.1 IC de Secciones de firme, mientras no se hayan finalizado la compactación, la terminación de la superficie y el cu-

rado final del suelo estabilizado *in situ* con cemento, se prohibirá todo tipo de circulación que no sea imprescindible para dichas operaciones. Una vez ejecutado el riego de curado, no podrán circular sobre él vehículos ligeros en los tres (3) primeros días, ni vehículos pesados en los siete primeros días (7 d), salvo con autorización expresa del Director de las Obras y estableciendo previamente una protección del riego de curado, mediante la extensión de una capa de árido de cobertura, según lo indicado en el artículo 532 de este Pliego. Dicha protección, que deberá garantizar la integridad del riego de curado durante un periodo mínimo de siete días (7 d), se barrerá antes de ejecutar otra unidad de obra sobre el suelo estabilizado. Se procurará una distribución uniforme del tráfico de obra en toda la anchura de la traza.

En el caso de las estabilizaciones con cal y si se hubieran empleado para la compactación rodillos cuyo peso individual fuera superior a veinticinco toneladas (25 t), el Director de las Obras podrá autorizar la puesta en obra de la siguiente capa de firme inmediatamente después de la terminación de la superficie, prescindiendo del curado final.

En el caso de estabilizaciones con cemento, el Director de las Obras fijará en función de los tipos, ritmos y programa de trabajo, el plazo para la extensión de la capa superior, que deberá ser el mayor posible, siempre que se impida la circulación del tráfico de obra sobre la capa estabilizada. En ningún caso el plazo de extensión de las capas superiores será inferior a siete días (7 d).

#### 512.6. *Tramo de prueba*

Antes de iniciarse la estabilización *in situ* del suelo con cal o con cemento será preceptiva la realización de un tramo de prueba, que se realizará con el espesor y la fórmula de trabajo prescritos y empleando los mismos medios que vaya a utilizar el Contratista para la ejecución de las obras, para comprobar la fórmula de trabajo y el funcionamiento de los equipos necesarios, especialmente, la forma de actuación del equipo de compactación. Asimismo, se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad del suelo estabilizado con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de estabilización, granulometría, contenido de cal o de cemento y demás requisitos exigidos.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particu-

lares o, en su defecto, el Director de las Obras fijará la longitud del tramo de prueba, que no podrá ser inferior a cien metros (100 m). El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

Además, al comienzo de cada tramo homogéneo:

- Se comprobará la profundidad de la estabilización.
- Se ajustará la velocidad de avance del equipo para obtener la profundidad de estabilización, la disgregación requerida y una mezcla uniforme y homogénea.
- Se comprobará y ajustará la fórmula de trabajo obtenida para ese tramo.

Asimismo, durante la ejecución del tramo de prueba se analizarán los aspectos siguientes:

- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación de conglomerante establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas y otros métodos rápidos de control.
- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la densidad y la humedad *in situ* establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas y otros métodos rápidos de control.
- Se comprobará en la mezcla la precisión de los sistemas de dosificación de la cal o del cemento y del agua y, en su caso, de las adiciones.
- Se establecerán las relaciones entre humedad y densidad alcanzada.
- Se establecerán las relaciones entre orden y número de pasadas de los compactadores y la densidad alcanzada.
- Se medirá el esponjamiento de la capa estabilizada, por diferencia de los espesores antes de la disgregación y después de la compactación.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso se podrá iniciar la ejecución de la estabilización; en el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en los sistemas de dosificación, etc.).

- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, aprobará su forma específica de actuación; en el segundo, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar otros suplementarios.

## 512.7. Especificaciones de la unidad terminada

### 512.7.1. Resistencia, densidad y capacidad de soporte

La capacidad de soporte o la resistencia y la densidad del suelo estabilizado *in situ* con cal o con cemento deberán cumplir lo especificado en el cuadro 512.4, según el tipo de suelo y la categoría de explanada que se pretenda conseguir.

Adicionalmente, en la capa superior de las empleadas en la formación de las explanadas el valor del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa ( $E_{v2}$ ), según la NLT-357, será superior al valor especificado en el cuadro 512.6. La determinación deberá llevarse a cabo transcurridos entre catorce días (14 d) y veintiocho días (28 d) desde la ejecución.

**Cuadro 512.6**  
Valor mínimo del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga en función del tipo de suelo estabilizado

Tipo de suelo estabilizado	S-EST1	S-EST2	S-EST3
$E_{v2}$ (MPa)	60	120	300

El Director de las Obras podrá autorizar la sustitución del ensayo descrito en la NLT-357 por otros procedimientos de control siempre que se disponga de correlaciones fiables y contrastadas entre los resultados de ambos ensayos.

### 512.7.2. Terminación, rasante, anchura y espesor

La superficie de la capa estabilizada terminada deberá presentar un aspecto uniforme, exenta



de segregaciones y de ondulaciones y con las pendientes adecuadas.

La rasante de la superficie terminada no deberá superar a la teórica en ningún punto, ni quedar por debajo de ella, en más de treinta milímetros (30 mm) en estabilizaciones *in situ* de fondos de desmonte y formación de núcleos de terraplén. En los supuestos de estabilizaciones *in situ* para conseguir categorías de explanadas E1 a E3 de las definidas en la Norma 6.1 IC de Secciones de firme, la rasante no podrá quedar por debajo de la teórica en más de veinte milímetros (20 mm).

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa estabilizada, que en ningún caso deberá ser inferior, ni superar en más de diez centímetros (10 cm), a la establecida en los Planos de secciones tipo.

El espesor de la capa no deberá ser inferior en ningún punto al previsto para ella en los Planos de secciones tipo; en caso contrario se procederá según el apartado 512.10.3.

### 512.7.3. Regularidad superficial

El Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, de estabilizaciones *in situ* de capas para la formación de explanadas E3 de las categorías de tráfico pesado T00 y T0 deberá cumplir lo fijado en el cuadro 512.7.

**Cuadro 512.7**

**Índice de regularidad internacional (IRI)**

Porcentaje de hectómetros	IRI (dm/hm)
50	< 3,0
80	< 4,0
100	< 5,0

### 512.8. Limitaciones de la ejecución

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la ejecución de la estabilización *in situ*:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea superior a los treinta y cinco grados Celsius (35 °C).
- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C) y exista previsión de heladas. El Director de las

Obras podrá bajar este límite, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.

- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas intensas.

En los casos en los que el Director de las Obras autorice la extensión de la cal o del cemento en seco, su distribución deberá interrumpirse cuando la fuerza del viento sea excesiva, a juicio de aquél, teniendo siempre en cuenta las medidas necesarias para el cumplimiento de la legislación que, en materia ambiental, de seguridad laboral y de transporte y almacenamiento de materiales, estuviese vigente y respetando las limitaciones indicadas en el apartado 512.5.5.

## 512.9. Control de calidad

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el método de control, tamaño del lote y el tipo y el número de ensayos a realizar. También se establecerán los métodos rápidos de control que puedan utilizarse y las condiciones básicas de empleo.

La realización de los ensayos *in situ* y la toma de muestras se realizará en puntos previamente seleccionados mediante muestreo aleatorio, tanto en sentido longitudinal como transversal; de tal forma que haya al menos una toma o un ensayo por cada hectómetro (1/hm).

### 512.9.1. Control de procedencia de los materiales

#### 512.9.1.1. Cal

Se seguirán las prescripciones del artículo 200 de este Pliego.

#### 512.9.1.2. Cemento

Se seguirán las prescripciones del artículo 202 de este Pliego.

#### 512.9.1.3. Suelo

Antes de iniciar la estabilización, se identificará cada tipo de suelo, determinando su aptitud.

El reconocimiento se realizará de la forma más representativa posible, mediante sondeos, calicatas u otros métodos de toma de muestras.

De cada tipo de suelo, y sea cual fuere la cantidad que se va a estabilizar, se tomarán como mínimo cuatro (4) muestras, añadiéndose una (1) más por cada cinco mil metros cúbicos ( $5.000 \text{ m}^3$ ), o fracción, de exceso sobre veinte mil metros cúbicos ( $20.000 \text{ m}^3$ ) de suelo.

Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Granulometría por tamizado, según la UNE 103101.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Contenido de materia orgánica, según la UNE 103204.
- Contenido de sulfatos solubles (expresados en  $\text{SO}_3$ ), según la UNE 103201.

El Director de las Obras podrá ordenar la repetición de estos ensayos con nuevas muestras, así como la realización de ensayos adicionales. El Director de las Obras comprobará, además, la retirada de la eventual montera del suelo y la exclusión de vetas no utilizables.

En el caso de que el suelo sea clasificado como tolerable según los criterios del artículo 330 de este Pliego, se realizarán también los ensayos:

- Ensayo de colapso, según la NLT-254.
- Ensayo de hinchamiento, según la UNE 103601.

## 512.9.2. Control de ejecución

Se desecharán los suelos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo admisible.

Se tomará diariamente un mínimo de dos (2) muestras del suelo antes de mezclarlo con la cal o con el cemento, una por la mañana y otra por la tarde, sobre las que se determinará su humedad natural, según la UNE 103300.

Se comprobará la eficacia de disgregación pasando la disgregadora sin mezclar con el conglomerante del orden de veinte metros (20 m) una vez al día. Se considerará que se mantienen los resultados de eficacia de disgregación mientras no cambie el tipo de suelo o el contenido de hu-

medad de forma significativa y se mantenga la velocidad de avance y la velocidad del rotor del equipo de disgregación. La frecuencia de ensayo podría ser disminuida por el Director de las Obras si se observa que la eficacia de disgregación es correcta y no cambia de unos días a otros.

Al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde), se controlará el funcionamiento de las boquillas de inyección de la lechada de cal o de cemento. Asimismo, se controlará diariamente el consumo efectivo de cal o de cemento con la información proporcionada por el equipo para el control del volumen de lechada añadido. En el caso de distribución en seco, se comprobará la dotación de cal o de cemento utilizada mediante el pesaje de bandejas metálicas u otros dispositivos similares colocados sobre la superficie.

Por cada lote de los definidos en 512.9.3, se tomarán cinco (5) muestras aleatorias del suelo recién mezclado con la cal o con el cemento sobre las que se determinará el índice CBR a siete días (7 d), según la UNE 103502, para los suelos S-EST1 y S-EST2 o la resistencia a compresión simple, según la NLT-305, para los suelos S-EST3. En ambos casos, las probetas se confeccionarán según el procedimiento descrito en la NLT-310, con la densidad exigida en obra.

Por cada diez mil metros cúbicos ( $10.000 \text{ m}^3$ ) de suelo estabilizado *in situ* con cal o con cemento o una (1) vez a la semana, si se estabilizara una cantidad menor, se realizará un ensayo Proctor modificado de la mezcla, según la UNE 103501.

En el caso de que el suelo original hubiera presentado hinchamiento o colapso en los ensayos mencionados en el apartado 512.9.1.3, por cada cuarenta y cinco mil metros cúbicos ( $45.000 \text{ m}^3$ ) de suelo estabilizado *in situ* con cal o con cemento o una (1) vez al mes, si se estabilizara una cantidad menor, se realizará un (1) ensayo de colapso, según la NLT-254 y un (1) ensayo de hinchamiento según la UNE 103601. Estos ensayos se realizarán a la edad que fije el Director de las Obras a la vista de los resultados de los ensayos descritos en el apartado 512.3.

El Director de las Obras podrá reducir la frecuencia de ensayos a la mitad (1/2) si considerase que los materiales son suficientemente homogéneos, o si en el control de recepción de la unidad terminada (apartado 512.9.3) se hubieran aprobado diez (10) lotes consecutivos.

Se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de siete (7) por cada lote



de los definidos en 512.9.3. En el caso de que se empleen sondas nucleares u otros métodos rápidos de control, éstos habrán sido convenientemente contrastados y calibrados en la realización del tramo de prueba, con los ensayos de determinación de humedad natural, según la UNE 103300, y de densidad *in situ*, según la UNE 103503. Sin perjuicio de lo anterior será preceptivo que la calibración y contraste de estos equipos con los ensayos UNE 103300 y UNE 103503 se realice periódicamente durante la ejecución de las obras, en plazos no inferiores a quince días (15 d), ni superiores a treinta días (30 d).

En caso de que las densidades obtenidas fuesen inferiores a las especificadas se proseguirá el proceso de compactación hasta alcanzar los valores prescritos, lo que sólo sería posible en el caso de las estabilizaciones con cemento si se estuviera dentro del plazo de trabajabilidad.

Durante la ejecución de las obras se comprobará con la frecuencia necesaria, a juicio del Director de las Obras:

- La temperatura y la humedad relativa del aire mediante un termohigrógrafo registrador.
- El espesor estabilizado, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras.
- La humedad del suelo mediante un procedimiento aprobado por el Director de las Obras.
- La composición y forma de actuación del equipo utilizado en la ejecución de la estabilización, verificando:
  - Que el número y el tipo de los equipos sean los aprobados.
  - En su caso, el funcionamiento de los dispositivos de disgregación, humectación, limpieza y protección.
  - El lastre y el peso total de los compactadores.
  - La presión de inflado en los compactadores de neumáticos.
  - La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
  - El número de pasadas de cada equipo, especialmente de los compactadores.

Se realizará como mínimo un (1) control diario de la dotación de emulsión bituminosa empleada para el riego de curado o protección y, en su caso, del árido de cobertura, de acuerdo con lo especificado en el artículo 532 de este Pliego.

### 512.9.3. Control de recepción de la unidad terminada

Si durante la construcción apareciesen defectos localizados, tales como blandones, se corregirán antes de iniciar el muestreo.

Se considerará como lote de recepción, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los cuatro (4) criterios siguientes a una (1) sola capa de suelo estabilizado *in situ* con cal o con cemento:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.
- La fracción construida con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de ejecución.

Se asignarán a cada lote de recepción las probetas fabricadas durante el control de ejecución que le correspondan. En los puntos donde se realice el control de la compactación, se determinará el espesor de la capa de suelo estabilizado *in situ* con cal o con cemento.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el cuadro 512.7.

Además de lo anterior cuando se trate de capas de coronación de explanadas y para las categorías de tráfico pesado T00 a T2, se exigirá la deflexión patrón máxima (Norma 6.3 IC de Rehabilitación de firmes), medida entre los catorce (14) y veintiocho días (28 d), desde su puesta en obra, de acuerdo con lo indicado en el cuadro 512.8.

**Cuadro 512.8**  
**Reflexión patrón\***

Categoría de explanada	E1	E2	E3
Deflexión patrón (10 <sup>-2</sup> mm)	≤ 250	≤ 200	≤ 125

\* Valor probable de la capacidad de soporte de la explanada, dentro del campo de variación debido a los cambios de humedad.

## 512.10. Criterios de aceptación o rechazo del lote

### 512.10.1. Densidad

Por cada lote, la densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el cuadro 512.4 y no más de dos (2) muestras podrán presentar resultados individuales inferiores en dos (2) puntos porcentuales a la densidad especificada.

Los ensayos de determinación de la humedad tendrán carácter indicativo y no constituirán, por sí solos, base para la aceptación o el rechazo.

En el caso de que la densidad media obtenida fuera inferior al valor especificado en el cuadro 512.4, se procederá de la siguiente manera:

- Si la densidad media fuera inferior en tres puntos porcentuales (3%) a la densidad especificada para cada tipo de material en el cuadro 512.4, se levantará la capa de suelo estabilizado correspondiente al lote controlado y se repondrá, con un material aceptado por el Director de las Obras, por cuenta del Contratista.
- Si la densidad media obtenida no fuera inferior en tres puntos porcentuales (3%) a la especificada, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de suelo estabilizado correspondiente al lote controlado.

### 512.10.2. Resistencia

Para cada lote, la media de los índices CBR o de la resistencia a compresión simple, según el tipo de suelo estabilizado, no deberá ser inferior al valor especificado en el cuadro 512.4, y ningún resultado individual podrá ser inferior a dicho valor en más de un veinte por ciento (20%).

En el caso de que la media de los índices CBR o de la resistencia fuera inferior al valor especificado, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado obtenido fuera inferior al noventa por ciento (90%) del valor de referencia especificado, se levantará la capa de suelo estabilizado correspondiente al lote controlado y se repondrá, con un material aceptado por el Director de las Obras, por cuenta del Contratista.

- Si el resultado obtenido no fuera inferior al noventa por ciento (90%) del valor de referencia especificado, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de suelo estabilizado correspondiente al lote controlado.

### 512.10.3. Espesor

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos de secciones tipo. No más de dos (2) individuos de la muestra ensayada del lote presentarán resultados que bajen del especificado en un diez por ciento (10%).

En el caso de que el espesor medio obtenido sea inferior al especificado, se procederá de la siguiente manera:

- Si el espesor medio obtenido fuera inferior al ochenta por ciento (80%) del especificado, se levantará la capa de suelo estabilizado correspondiente al lote controlado y se repondrá, con un material aceptado por el Director de las Obras, por cuenta del Contratista.
- Si el espesor medio obtenido fuera superior al ochenta por ciento (80%) del especificado, se podrá admitir siempre que se compense la merma de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista.

No se permitirá en ningún caso el recrecimiento en capa delgada.

### 512.10.4. Rasante

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas en el apartado 512.7.2, ni existirán zonas que retengan agua. Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el Director de las Obras podrá aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario, sin incremento de coste para la Administración. Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, este se corregirá por cuenta

del Contratista, siempre que esto no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos.

### 512.10.5. Regularidad superficial

Los resultados de la medida de la regularidad superficial de la capa acabada no excederán de los límites establecidos en el apartado 512.7.3. Si no ocurriese así, se procederá de la siguiente manera:

- Si es en más del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado se corregirán los defectos mediante refino y recompactación por cuenta del Contratista. En el caso de las estabilizaciones con cemento, el refino y la recompactación sólo podrá hacerse si se está dentro del plazo de trabajabilidad. Si se hubiera rebasado dicho plazo, se demolerá y reconstruirá totalmente la zona afectada, de acuerdo con las instrucciones del Director de las Obras.
- Si es en menos de un diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

### 512.11. Medición y abono

Tanto la cal como el cemento empleados en la estabilización *in situ* de suelos se abonará por toneladas (t) realmente empleadas, obtenidas multiplicando la medición obtenida de suelo estabilizado por la dosificación media deducida del control de dosificación de cada lote.

La ejecución del suelo estabilizado *in situ* con cal o con cemento se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de material estabilizado, los cuales se obtendrán como producto de la superficie realmente estabilizada, medida sobre el terreno, por el espesor medio de estabilización deducido de los ensayos de control. No serán de abono las creces laterales.

La aplicación del ligante bituminoso para el riego de curado, así como el eventual árido de protección superficial, incluida su extensión y apisonado, se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra.

### 512.12. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según el ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

NLT-254. Ensayo de colapso en suelos.

NLT-305. Resistencia a compresión simple de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos.

NLT-310. Compactación con martillo vibrante de materiales granulares tratados.

NLT-326. Ensayo de lixiviación en materiales para carreteras (Método del tanque).

NLT-330. Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.

NLT-357. Ensayo de carga con placa.

UNE 41240. Materiales tratados con conglomerantes hidráulicos. Métodos de ensayo. Determinación del plazo de trabajabilidad.

UNE 103101. Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

UNE 103103. Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.

UNE 103104. Determinación del límite plástico de un suelo.

UNE 103201. Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.

UNE 103204. Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.

UNE 103300. Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.

UNE 103501. Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.

UNE 103502. Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice CBR de un suelo.

UNE 103503. Determinación «in situ» de la densidad de un suelo por el método de la arena.

UNE 103601. Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro.

UNE 146507-1. Ensayos de áridos. Determinación de la reactividad potencial de los áridos. Método químico. Parte 1: Determinación de la reactividad álcali-sílice y álcali-silicato.

UNE-EN 196-3. Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.

UNE-EN 459-1. Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.

UNE-EN 933-2. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

# 513. *Materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento) (\*)*

## 513.1. Definición

Se define como material tratado con cemento la mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas, de material granular, cemento, agua y, eventualmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carretera.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla en central.
- Preparación de la superficie existente.
- Transporte y extensión de la mezcla.
- Prefisuración (cuando sea necesario).
- Compactación y terminación.
- Curado y protección superficial.

En este artículo se definen dos tipos de material tratado con cemento denominados, respectivamente, *suelocemento* (SC40 y SC20) y *gravacemento* (GC25 y GC20).

## 513.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE; en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

## 513.2.1. *Cemento*

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras fijará el tipo y la clase resistente del cemento. Éste cumplirá las prescripciones del artículo 202 de este Pliego y las adicionales que establezca, en su caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Salvo justificación en contrario, la clase resistente del cemento será la 32,5N. El Director de las Obras podrá autorizar en épocas frías el empleo de un cemento de clase resistente 42,5N. No se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en fábrica.

Si el contenido ponderal de sulfatos solubles (SO<sub>3</sub>) en los materiales granulares que se vayan a utilizar, determinado según la UNE 103201, fuera superior al cinco por mil (0,5%) en masa, deberá emplearse un cemento resistente a los sulfatos y aislar adecuadamente estas capas del firme de las obras de paso de hormigón.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el principio de fraguado, según la UNE-EN 196-3, que, en todo caso, no podrá tener lugar antes de las dos horas (2 h). No obstante, si la extensión se realizase con temperatura ambiente superior a treinta grados Celsius (30 °C), el principio de fraguado, determinado

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo. Esta OM suprimió, entre otros, los artículos: 513. «Grava-cemento», 514. «Grava-emulsión» y 515. «Grava-escoria».

con dicha norma, pero realizando los ensayos a una temperatura de cuarenta más menos dos grados Celsius ( $40 \pm 2$  °C), no podrá tener lugar antes de una hora (1 h).

## 513.2.2. Materiales granulares

### 513.2.2.1. Características generales

El material granular que se vaya a utilizar en el sueloamiento será una zahorra, natural u obtenida por trituración, o un suelo granular. También se podrán utilizar subproductos o productos inertes de desecho, en cumplimiento del Acuerdo de Consejo de Ministros de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006, en cuyo caso sus características y las condiciones para su utilización deberán venir fijadas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. El material granular estará exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

En la gravacemento se utilizará un árido natural procedente de la trituración de piedra de cantera o de gravera. También se podrán utilizar productos inertes de desecho o subproductos, en cumplimiento del Acuerdo de Consejo de Ministros de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006, en cuyo caso, sus características y las condiciones para su utilización deberán venir fijadas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. El árido se suministrará, al menos, en dos (2) fracciones granulométricas diferenciadas.

El material granular del sueloamiento o el árido de la gravacemento no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en el lugar de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes del material granular o del árido que puedan ser liviviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medio ambiente o para los ele-

mentos de construcción situados en sus proximidades, se empleará la NLT-326.

### 513.2.2.2. Composición química

No se utilizarán los materiales que presenten una proporción de materia orgánica, según la UNE 103204, superior al uno por ciento (1%).

El contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido ( $\text{SO}_3$ ), referidos al material granular en seco, determinados según la UNE-EN 1744-1, no será superior al uno por ciento (1%) ni a ocho décimas expresadas en términos porcentuales (0,8%).

El material granular o el árido no presentará reactividad potencial con los álcalis del cemento. Con materiales sobre los que no exista suficiente experiencia en su comportamiento en mezclas con cemento, realizado el análisis químico de la concentración de  $\text{SiO}_2$  y de la reducción de la alcalinidad R, según la UNE 146507-1, serán considerados potencialmente reactivos si:

- $\text{SiO}_2 > R$ : cuando  $R \geq 70$ .
- $\text{SiO}_2 > 35 + 0,5R$ : cuando  $R < 70$ .

### 513.2.2.3. Plasticidad

El límite líquido del material granular del sueloamiento, según la UNE 103103, deberá ser inferior a treinta (30), y su índice de plasticidad, según la UNE 103104, deberá ser inferior a quince (15).

El árido fino para capas de gravacemento, en carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2, será no plástico. En los restantes casos se cumplirán las condiciones siguientes:

- Límite líquido inferior a veinticinco ( $LL < 25$ ), según la UNE 103103.
- Índice de plasticidad inferior a seis ( $IP < 6$ ), según la UNE 103104.

### 513.2.2.4. Características específicas del árido para gravacemento

#### 513.2.2.4.1. Árido grueso

Se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.



La proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5, deberá cumplir lo fijado en el cuadro 513.1.

**Cuadro 513.1**  
**Proporción mínima (% en masa) de partículas del árido grueso**

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado		
	T00 a T1	T2	T3 y T4
Calzada	75	50	30
Arcenes	50	30	

El máximo índice de lajas de las distintas fracciones del árido grueso, según la UNE-EN 933-3, será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, sin que en ningún caso sea superior al indicado en el cuadro 513.2.

**Cuadro 513.2**  
**Valor máximo del índice de lajas del árido grueso**

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado	
	T00 a T2	T3 y T4
Calzada	30	35
Arcenes	40	

El máximo valor del coeficiente de Los Ángeles de las distintas fracciones del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2, deberá establecerse en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, sin que en ningún caso sea superior al indicado en el cuadro 513.3.

**Cuadro 513.3**  
**Valor máximo del coeficiente Los Ángeles del árido grueso**

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado	
	T00 a T2	T3 y T4
Calzada	30	35
Arcenes	40	

En las categorías de tráfico pesado T1 y T2 con materiales reciclados procedentes de capas de mezclas bituminosas, pavimento de hormigón, materiales tratados con cemento o de demoliciones de hormigones de resistencia a compresión final superior a treinta y cinco megapascales (35 MPa), el valor del coeficiente de los Ángeles podrá ser inferior a treinta y cinco (35).

La proporción de terrones de arcilla no excederá del dos y medio por mil (0,25%) en masa, según la UNE 7133.

#### 513.2.2.4.2. Árido fino

Se define como árido fino a la parte del árido total que pasa por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.

El equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, deberá ser superior a cuarenta (40), para la gravacemiento tipo GC20, y a treinta y cinco (35), para la gravacemiento tipo GC25. De no cumplirse estas condiciones, su valor de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez (10) y, simultáneamente, el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, deberá ser superior a treinta (30), para ambos tipos.

La proporción de terrones de arcilla no excederá del uno por ciento (1%) en masa, según la UNE 7133.

#### 513.2.3. Agua

El agua cumplirá las prescripciones del artículo 280 de este Pliego.

#### 513.2.4. Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los aditivos que puedan utilizarse para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla, los cuales deberán ser especificados en la fórmula de trabajo y aprobados por el Director de las Obras. Este podrá autorizar el empleo de un retardador de fraguado para ampliar el plazo de trabajabilidad del material, según las condiciones meteorológicas, así como establecer el método que se vaya a emplear para su incorporación y las especificaciones que debe cumplir dicho aditivo y las propiedades de la mezcla tras su incorporación.

El empleo de retardadores de fraguado será obligatorio cuando la temperatura ambiente durante la extensión de la mezcla supere los treinta grados Celsius (30 °C), salvo que el Director de las Obras ordene lo contrario.

Únicamente se autorizará el uso de los aditivos cuyas características, y especialmente su comportamiento y los efectos sobre la mezcla al emplearlos en las proporciones previstas, vengán garantizados por el fabricante, siendo obliga-



torio realizar ensayos previos para comprobar que cumplen su función con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

### 513.3. Tipo y composición de la mezcla

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y composición del suelocemento y de la gravacemento, cuya granulometría, contenido de cemento y resistencia a compresión simple deberán cumplir lo indicado en este apartado.

La granulometría del material granular empleado en la fabricación del suelocemento deberá ajustarse a uno de los husos definidos en el cuadro 513.4.1. El tipo SC20 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes.

La granulometría de los áridos empleados en la fabricación de la gravacemento deberá ajustarse a uno de los husos definidos en el cuadro 513.4.2. El tipo GC25 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes, en sustitución del suelocemento SC40.

El contenido mínimo de cemento del suelocemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en el cuadro 513.5. En cualquier caso dicho contenido no será inferior al tres por ciento (3%) en masa, respecto del total del material granular en seco.

El contenido mínimo de cemento de la gravacemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en el cuadro 513.5. En cualquier caso dicho contenido no será inferior al tres y medio por ciento (3,5%) en masa, respecto del total del árido en seco.

El plazo de trabajabilidad de una mezcla con cemento se determinará de acuerdo con la UNE

**Cuadro 513.4.1**  
Husos granulométricos del material granular del suelocemento

Tipo de suelocemento	Cernido ponderal acumulado (% en masa) - Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)									
	50	40	25	20	12,5	8	4	2	0,500	0,063
SC40	100	80-100	67-100	62-100	53-100	45-89	30-65	17-52	5-37	2-20
SC20	—	—	100	92-100	76-100	63-100	48-100	36-94	18-65	2-35

**Cuadro 513.4.2**  
Husos granulométricos del árido de la gravacemento

Tipo de gravacemento	Cernido ponderal acumulado (% en masa) - Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)							
	40	25	20	8	4	2	0,500	0,063
GC25	100	76-100	67-91	38-63	25-48	16-37	6-21	1-7
GC20	—	100	80-100	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7

**Cuadro 513.5**  
Resistencia media\* a compresión a siete días (7 d), según la NLT-305 (MPa)

Material	Zona	Mínima	Máxima
Gravacemento	Calzada	4,5	7,0
	Arcenes	4,5	6,0
Suelocemento	Calzada y arcenes	2,5	4,5

\* Por resistencia media se entiende la media aritmética de los resultados obtenidos al menos sobre tres (3) probetas de la misma amada, definida de acuerdo a lo indicado en el apartado 513.9.2.1. Las probetas se compactarán según la NLT-310, con la energía que proporcione la densidad mínima requerida en el apartado 513.7.1 y nunca con energía mayor. En el caso de emplearse cementos para usos especiales (ESP VI-1) estos valores se disminuirán en un quince por ciento (15%).

41240, no pudiendo ser inferior al indicado en el cuadro 513.6. En el supuesto de la puesta en obra por franjas, el material resultante deberá tener un plazo de trabajabilidad tal que permita completar la compactación de cada una de ellas antes de que haya finalizado dicho plazo en la franja adyacente ejecutada previamente.

**Cuadro 513.6**  
Plazo mínimo de trabajabilidad ( $t_{pm}$ )

Tipo de ejecución	$t_{pm}$ (minutos)
Anchura completa	180
Por franjas	240

### 513.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

No se podrá utilizar en la ejecución de los materiales tratados con cemento ningún equipo que no haya sido previamente aprobado por el Director de las Obras, después de la ejecución del tramo de prueba.

#### 513.4.1. Central de fabricación

Se podrán utilizar centrales de mezcla continua o discontinua. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará la producción horaria mínima de la central.

En cualquier caso, la instalación deberá permitir dosificar por separado el material granular o las distintas fracciones de árido, el cemento, el agua y, en su caso, los aditivos, en las proporciones y con las tolerancias fijadas en la fórmula de trabajo.

Las tolvas para los materiales granulares deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero que evite que un exceso de contenido afecte al funcionamiento del sistema de clasificación. Se dispondrán con una separación suficiente para evitar contaminaciones entre ellas y deberán, asimismo, estar provistas a su salida de dispositivos ajustables de dosificación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, establecerá si los sistemas de dosificación de los materiales pueden ser volumétricos o han de ser necesariamente ponderales. En cualquier caso, para carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2, incluidos los arcenes, los sistemas de dosificación de las fracciones del árido y del cemento serán inexcusablemente ponderales.

En las centrales de fabricación con dosificadores ponderales, éstos deberán ser independientes y disponer al menos uno (1) para el material granular o, en su caso, para cada una de las fracciones del árido de la gravacemiento, cuya precisión sea superior al dos por ciento ( $\pm 2\%$ ), y

al menos uno (1) para el cemento, cuya precisión sea superior al uno por ciento ( $\pm 1\%$ ).

El agua añadida se controlará mediante un caudalímetro, cuya precisión sea superior al dos por ciento ( $\pm 2\%$ ), y un totalizador con indicador en la cabina de mando de la central.

En el caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la central deberá tener sistemas de almacenamiento y de dosificación independientes de los correspondientes al resto de los materiales, protegidos de la humedad, y un sistema que permita su dosificación de acuerdo con la fórmula de trabajo y las tolerancias establecidas en este artículo.

Los equipos de mezcla deberán ser capaces de asegurar una completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

#### 513.4.2. Elementos de transporte

La mezcla se transportará al lugar de empleo en camiones de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia. Deberán disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger la mezcla durante su transporte. Por seguridad de la circulación vial será inexcusable el empleo de cobertores para el transporte por carreteras en servicio.

En el caso de utilizarse extendedoras como equipos de extensión, la altura y forma de los camiones será tal que, durante el vertido en la extendidora, el camión sólo toque a aquélla a través de los rodillos previstos al efecto.

Los medios de transporte deberán estar adaptados, en todo momento, al ritmo de ejecución de la obra teniendo en cuenta la capacidad de producción de la central y del equipo de extensión y la distancia entre la central y el tajo de extensión.

#### 513.4.3. Equipo de extensión

En carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2, incluidos los arcenes, se utilizarán extendedoras automotrices, que estarán dotadas de los dispositivos necesarios para extender el material con la configuración deseada, así como de dispositivos automáticos de nivelación.

En el caso de utilizarse extendedoras que no estén provistas de una tolva para la descarga del material desde los camiones, ésta deberá realizarse a través de dispositivos de preextensión (ca-

rretones o similares) que garanticen un reparto adecuado del material delante del equipo de extensión.

Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste.

Las anchuras mínima y máxima de extensión se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. Si al equipo de extensión pudieran acoplarse piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las originales.

#### 513.4.4. Equipo de compactación

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores del sentido de la marcha de acción suave y estar dotados de dispositivos para mantenerlos húmedos, en caso necesario. La composición del equipo de compactación se determinará en el tramo de prueba, y deberá estar compuesto como mínimo por un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos y un (1) compactador de neumáticos.

El rodillo metálico del compactador vibratorio tendrá una carga estática sobre la generatriz no inferior a trescientos newtons por centímetro (300 N/cm) y será capaz de alcanzar una masa de al menos quince toneladas (15 t) con amplitudes y frecuencias de vibración adecuadas. El compactador de neumáticos será capaz de alcanzar una masa de al menos treinta y cinco toneladas (35 t) y una carga por rueda de cinco toneladas (5 t), con una presión de inflado que pueda llegar a alcanzar un valor no inferior a ocho décimas de megapascal (0,8 MPa).

Los compactadores de rodillos metálicos no presentarán surcos ni irregularidades en ellos. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de la marcha. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras con las de las traseras.

El Director de las Obras aprobará el equipo de compactación que se vaya a emplear, su composición y las características de cada uno de sus componentes, que serán las necesarias para conseguir una compacidad adecuada y homogénea de la mezcla con cemento en todo su espesor,

sin producir roturas del material granular, o del árido, ni arrollamientos.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretende realizar. Se utilizarán placas o rodillos vibrantes de características apropiadas para lograr resultados análogos a los obtenidos con el equipo de compactación aprobado.

#### 513.4.5. Equipo para la ejecución de juntas transversales en fresco

Para la ejecución de las juntas transversales en fresco se utilizarán equipos automotrices que efectúen en cada pasada un surco recto que penetre al menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa y que al mismo tiempo introduzca en él un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Este producto podrá consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, una cinta de plástico flexible, un perfil ondulado de plástico rígido u otros sistemas que además de impedir que se cierre de nuevo la junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de la junta.

El Director de las Obras podrá autorizar en obras pequeñas (menos de 70 000 m<sup>2</sup>) la utilización de equipos para la ejecución de juntas transversales en fresco provistos de un útil de corte que penetre al menos un tercio (1/3) del espesor de la capa una vez compactada.

#### 513.5. Ejecución de las obras

##### 513.5.1. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La producción de un material tratado con cemento no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación y proporción (en seco) del material granular o de cada fracción de árido en la alimentación (en masa).

- La granulometría del material granular o, en su caso, del árido combinado, por los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico dada en el apartado 513.3.
- La dosificación en masa o en volumen, según corresponda, de cemento, de agua y, eventualmente, de aditivos.
- La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado, según la UNE 103501.
- La densidad mínima a alcanzar.
- El plazo de trabajabilidad de la mezcla.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá corregir la fórmula de trabajo, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en el cuadro 513.7, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en el correspondiente huso granulométrico adoptado.

### 513.5.2. Preparación de la superficie existente

Se comprobarán la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender el suelocemento o la gravacemento. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras indicará las medidas necesarias para obtener una regularidad superficial aceptable y, en su caso, para reparar las zonas dañadas.

En época seca y calurosa, y siempre que sea previsible una pérdida de humedad del material extendido, el Director de las Obras podrá ordenar que la superficie de apoyo se riegue ligeramente inmediatamente antes de la extensión, de forma que ésta quede húmeda pero no encharcada, eliminándose las acumulaciones de agua en superficie que hubieran podido formarse.

### 513.5.3. Fabricación de la mezcla

En el momento de iniciar la fabricación de la mezcla el material granular o las fracciones del árido estarán acopiados en cantidad suficiente para permitir a la central un trabajo sin interrupciones. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras fijará el volumen mínimo de acopios exigibles en función de las características de la obra y del volumen de mezcla que se vaya a fabricar. En el caso de obras con una superficie de calzada inferior a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) estará acopiado el cien por cien (100%) del volumen. En obras de carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2 o con una superficie de calzada superior a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) el volumen mínimo a exigir en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se determinará en función de las características de la obra, con el margen de seguridad necesario, no siendo nunca inferior al correspondiente al treinta por ciento (30%) del total.

La carga de las tolvas se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por cien (50 a 100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias

**Cuadro 513.7**  
**Tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo\***

Característica	Unidad	Tolerancia
Cernido por los tamices UNE-EN 933-2	Tamaño máximo	0
	> 4 mm	± 6
	≤ 4 mm	± 3
	0,063 mm (incluido el cemento)	± 1,5
Cemento		± 0,3
Humedad de compactación (agua total)	% respecto de la óptima	- 1,0/+ 0,5

\* En el suelocemento únicamente se exigen las relativas al cemento y a la humedad de compactación.

para evitar segregaciones o contaminaciones de los materiales granulares.

La operación de mezcla se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes. El Director de las Obras fijará, a partir de los ensayos iniciales, el tiempo mínimo de amasado.

Se comenzará mezclando los materiales granulares y el cemento, añadiéndose posteriormente el agua y los aditivos, que irán disueltos en aquella. La cantidad de agua añadida a la mezcla será la necesaria para alcanzar la humedad fijada en la fórmula de trabajo, teniendo en cuenta la existente en el material granular, así como la variación del contenido de agua que se pueda producir por evaporación durante la ejecución de los trabajos. El amasado se proseguirá hasta obtener la completa homogeneización de los componentes de la mezcla, dentro de las tolerancias fijadas.

En las instalaciones de mezcla discontinua, no se volverá a cargar la amasadora sin haber vaciado totalmente su contenido.

#### 513.5.4. *Transporte de la mezcla*

En el transporte de los materiales tratados con cemento se tomarán las debidas precauciones para reducir al mínimo la segregación y las variaciones de humedad. Se cubrirá siempre la mezcla con lonas o cobertores adecuados.

#### 513.5.5. *Vertido y extensión de la mezcla*

El vertido y la extensión se realizarán tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la tongada antes de compactar deberá ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los Planos con las tolerancias establecidas en este artículo, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permitirá el recrecimiento de espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras, fijará la anchura de extensión. Siempre que sea posible el suelocemento o la gravacemento se extenderá en la anchura completa. En caso contrario, y a menos que el Director de las Obras ordene otra cosa, la extensión comenzará por el

borde inferior y se realizará por franjas longitudinales. La anchura de éstas será tal que se realice el menor número de juntas posibles y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características del equipo de extensión y la producción de la central. Únicamente se permitirá la colocación de la mezcla por semianchos contiguos cuando pueda garantizarse que la compactación y terminación de la franja extendida en segundo lugar se haya finalizado antes de haber transcurrido el plazo de trabajabilidad de la primera, a no ser que el Director de las Obras autorice la ejecución de una junta de construcción longitudinal.

#### 513.5.6. *Prefisuración*

Se hará una prefisuración de las capas tratadas con cemento en los casos en los que así se señale en la Norma 6.1 IC de Secciones de firme, y siempre que lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o el Director de las Obras.

Para ello, antes de iniciar la compactación de la capa, se realizarán en ella juntas transversales en fresco. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras establecerá la distancia a la que deben realizarse las juntas transversales en fresco, dependiendo de la categoría de tráfico pesado, de la zona climática y del espesor de las capas que se dispongan por encima. Salvo justificación en contrario, la separación entre juntas estará comprendida entre tres y cuatro metros (3 a 4 m).

Se empleará el equipo y el método de ejecución aprobados y fijados por el Director de las Obras, después de la realización del tramo de prueba.

#### 513.5.7. *Compactación y terminación*

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras, de acuerdo con los resultados del tramo de prueba. Se compactará mientras la mezcla esté dentro de su plazo de trabajabilidad, hasta alcanzar la densidad especificada en el apartado 513.7.1.

La compactación se realizará de manera continua y sistemática. Si la extensión del material se realiza por franjas, al compactar una de ellas se

ampliará la zona de compactación para que incluya, al menos, quince centímetros (15 cm) de la anterior, por lo que se deberá disponer en los bordes de una contención lateral adecuada.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano al equipo de extensión, los cambios de dirección de los equipos de compactación se realizarán sobre mezcla ya apisonada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

En todo momento, y especialmente en tiempo seco y caluroso, o con fuerte viento, deberá mantenerse húmeda la superficie mediante un riego con agua finamente pulverizada.

En una sección transversal cualquiera, la compactación de una franja deberá quedar terminada antes de que haya transcurrido el plazo de trabajabilidad de la adyacente ejecutada previamente.

Una vez terminada la compactación de la capa, no se permitirá su recrecimiento. Sin embargo, y siempre dentro del plazo de trabajabilidad de la mezcla, el Director de las Obras podrá autorizar un reperfilado de las zonas que rebasen la superficie teórica, recompactando posteriormente la zona corregida.

### 513.5.8. Ejecución de juntas de trabajo

Se dispondrán juntas de trabajo transversales cuando el proceso constructivo se interrumpa más tiempo que el plazo de trabajabilidad y siempre al final de cada jornada.

Si se trabaja por fracciones de la anchura total se dispondrán juntas de trabajo longitudinales siempre que no sea posible compactar el material de una franja dentro del plazo máximo de trabajabilidad del material de la franja adyacente puesto en obra con anterioridad, lo cual debe ser evitado en la medida de lo posible.

Las juntas de trabajo se realizarán de forma que su borde quede perfectamente vertical, aplicando a dicho borde el tratamiento que ordene el Director de las Obras.

### 513.5.9. Curado y protección superficial

Una vez terminada la capa se procederá a la aplicación de un riego con una emulsión bitumi-

nosa, del tipo y en la cantidad que figuren en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o que, en su defecto, señale el Director de las Obras, de acuerdo con lo indicado en el artículo 532 de este Pliego.

Esta operación se efectuará inmediatamente después de acabada la compactación, y en ningún caso después de transcurrir tres horas (3 h) desde la terminación, manteniéndose hasta entonces la superficie en estado húmedo.

Se prohibirá la circulación de todo tipo de vehículos sobre las capas recién ejecutadas, al menos durante los tres días (3 d) siguientes a su terminación, y durante siete días (7 d) a los vehículos pesados.

En el caso de que se vaya a circular por encima de la capa de suelocemento o de gravacemento antes de la ejecución de la capa superior, deberá protegerse el riego de curado extendiendo un árido de cobertura, que cumplirá lo especificado en el artículo 532 de este Pliego. Tras su extensión se procederá al apisonado con un compactador de neumáticos y, previamente a la apertura al tráfico, se barrerá para eliminar el árido sobrante.

El Director de las Obras fijará, dependiendo de los tipos, ritmos y programas de trabajo, el plazo para la extensión de la capa superior, que deberá ser el máximo posible. En ningún caso será inferior a siete días (7 d).

### 513.6. Tramo de prueba

Antes de iniciarse la puesta en obra de los materiales tratados con cemento será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba que se realizará con el espesor previsto y la fórmula de trabajo estudiada y empleando los mismos medios que se vayan a utilizar luego por el Contratista para la ejecución de las obras, para comprobar la fórmula de trabajo, los equipos necesarios para la ejecución de las obras y, especialmente, la forma de actuación del equipo de compactación. Asimismo, se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad del material con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de la capa, granulometría, contenido de cemento y demás requisitos exigidos.

Durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia, en su caso, entre los métodos de control de la humedad y densidad *in situ*, establecidos en el Pliego de Pres-



cripciones Técnicas, y otros métodos rápidos de control.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será inferior a cien metros (100 m). El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo; en el primer caso se podrá iniciar la fabricación del material tratado con cemento. En el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación y en los sistemas de extensión, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista; en el primer caso, aprobará su forma específica de actuación. En el segundo, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar otros suplementarios.

## 513.7. Especificaciones de la unidad terminada

### 513.7.1. Densidad

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la densidad de la capa tras el proceso de compactación, la cual no deberá ser inferior al noventa y ocho por ciento (98%) de la densidad máxima Proctor modificado, según la UNE 103501, definida en la fórmula de trabajo.

### 513.7.2. Resistencia mecánica

La resistencia a compresión simple a siete días (7 d), según la NLT-305, deberá estar comprendida entre los límites especificados en el apartado 513.3.

### 513.7.3. Terminación, rasante, anchura y espesor

La superficie de la capa terminada deberá presentar una textura uniforme, exenta de segregaciones y ondulaciones, y con las pendientes adecuadas. La rasante no deberá superar a la teórica en ningún punto, ni quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o el Director de las Obras, podrán modificar el límite anterior.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa extendida, que en ningún caso deberá ser inferior, ni superior, en más de diez centímetros (10 cm) a la establecida en los Planos de secciones tipo.

El espesor de la capa no deberá ser inferior en ningún punto al previsto para ella en los Planos de secciones tipo.

### 513.7.4. Regularidad superficial

El Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, de la capa terminada deberá cumplir lo fijado en el cuadro 513.8, en función de su posición relativa bajo las capas de mezclas bituminosas y de la categoría de tráfico pesado.

**Cuadro 513.8**  
**Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm)**

Porcentaje de hectómetros	Categoría de tráfico pesado y posición relativa de la capa		
	T00 a T2		T3, T4 y arcenes
	1.ª capa bajo mezclas bituminosas	2.ª capa bajo mezclas bituminosas	
50	< 2,5	< 3,0	< 3,0
80	< 30	< 3,5	< 3,5
100	< 3,5	< 4,0	< 4,0



### 513.8. Limitaciones de la ejecución

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la ejecución de materiales tratados con cemento:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea superior a los treinta y cinco grados Celsius (35 °C).
- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C) y exista previsión de heladas. El Director de las obras podrá bajar este límite a la vista de los resultados de compactación y consecución de resistencias en obra.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas intensas.

### 513.9. Control de calidad

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el método de control, el tamaño del lote y el tipo y el número de ensayos a realizar. También se establecerán los métodos rápidos de control que pueden utilizarse y las condiciones básicas de empleo.

La realización de los ensayos *in situ* y la toma de muestras se realizará en puntos previamente seleccionados mediante muestreo aleatorio, tanto en sentido longitudinal como transversal, de tal forma que haya al menos una toma o ensayo por cada hectómetro (1/hm).

#### 513.9.1. Control de procedencia de los materiales

##### 513.9.1.1. Cemento

Se seguirán las prescripciones del artículo 202 de este Pliego.

##### 513.9.1.2. Materiales granulares

De cada procedencia del material granular para la fabricación de suelocemento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará:

- El límite líquido y el índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- El contenido de materia orgánica, según la UNE 103204.
- El contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido, según la UNE-EN 1744-1.
- La granulometría del material granular, según la UNE-EN 933-1.

Si con el árido para la fabricación de la gravacemento se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo o estuviese en posesión de una marca, sello o distintivo de calidad homologado, según lo indicado en el apartado 513.12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia del árido para la gravacemento no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del árido de la gravacemento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
- Índice de lajas, según la UNE-EN 933-3
- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- El contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido, según la UNE-EN 1744-1.
- La granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.

El Director de las Obras podrá ordenar la realización de los siguientes ensayos adicionales sobre los áridos de la gravacemento:

- Proporción de terrones de arcilla del árido grueso y del árido fino, según la UNE 7133.
- Equivalente de arena del árido fino, según la UNE-EN 933-8, y, en su caso, de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Límite líquido y el índice de plasticidad del árido fino, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.

## 513.9.2. Control de ejecución

### 513.9.2.1. Fabricación

Se examinará la descarga al acopio o la alimentación de la central de fabricación, desechando los materiales granulares que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo aprobado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte los que presenten alguna anomalía de aspecto, tales como distinta coloración, segregación, plasticidad, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo.

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

Con el material granular del suelocemento o con cada fracción granulométrica del árido de la gravacemento que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

*Por cada mil metros cúbicos (1.000 m<sup>3</sup>) de materiales granulares o cada día si se emplea menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:*

- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1, para cada fracción del árido de la gravacemento.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente, con el material granular del suelocemento.
- Equivalente de arena del árido fino de la gravacemento, según la UNE-EN 933-8, y, en su caso, azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.

*Por cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m<sup>3</sup>) de áridos de la gravacemento o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:*

- El índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
- Límite líquido e índice de plasticidad del árido fino, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.

*Al menos una (1) vez al mes o siempre que se cambie de procedencia:*

- Contenido de materia orgánica, según la UNE 103204, del material granular.
- Contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido, según la UNE-EN 1744-1, del material granular.
- Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso de la gravacemento, según la UNE-EN 1097-2.
- Proporción de terrones de arcilla del árido grueso y del árido fino de la gravacemento, según la UNE 7133.

Asimismo, se tomará un mínimo de dos (2) veces al día (mañana y tarde), según la UNE-EN 932-1, al menos una (1) muestra representativa de la mezcla de componentes en seco, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1.

En las instalaciones de fabricación con mezclador de funcionamiento continuo se calibrará diariamente el flujo de la cinta suministradora de materiales en seco, deteniéndola cargada, recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida. Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará, en su caso, la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.

A la salida del mezclador se controlará el aspecto de la mezcla en cada elemento de transporte, rechazándose todas las mezclas segregadas y aquellas cuya envuelta no sea homogénea.

Al menos una (1) vez por lote se determinará la humedad del material tratado, según la UNE 103300, y en todo caso se llevará a cabo este control dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde. Asimismo, se llevará un control del consumo medio de cemento.

Se tomarán muestras a la descarga del mezclador con las que se fabricarán probetas para la comprobación de su resistencia a compresión, que se conservarán según las condiciones previstas en la UNE 83301. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el número de amasadas diferentes que se deben controlar, así como el número de probetas por amasada que haya que fabricar.

En carreteras con categoría de tráfico pesado T00 y T0, se controlarán por cada lote como mínimo tres (3) amasadas diferentes, valor que se podrá reducir a dos (2) en los restantes casos. El número de probetas confeccionadas de cada amasada no será inferior a tres (3).

En el caso de centrales discontinuas se considerará como amasada cada una de las descargas de la mezcladora, mientras que en centrales continuas será el producto resultante de tres (3) descargas seguidas de la mezcladora.

Para la fabricación de probetas se utilizará el método indicado en la NLT-310, si bien las probetas deberán compactarse hasta alcanzar una densidad seca no superior a la mínima exigida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Dichas probetas se ensayarán a la edad de siete días (7 d), según la NLT-305.

### 513.9.2.2. Puesta en obra

#### 513.9.2.2.1. Vertido y extensión

Antes de verter la mezcla, se comprobará su homogeneidad, rechazándose todo el material seco o segregado.

Se comprobará continuamente el espesor extendido mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras, teniendo en cuenta la disminución que sufrirá al compactarse el material.

#### 513.9.2.2.2. Compactación

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y el tipo de compactadores son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación y de limpieza.
- El lastre y la masa total de los compactadores y, en su caso, la presión de inflado de las ruedas de los compactadores de neumáticos.
- La frecuencia y la amplitud de los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

Se efectuarán mediciones de la densidad y de la humedad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de siete (7) medidas por cada lote definido en el apartado 513.9.3. Para la realización de estos ensayos se podrán utilizar métodos rápidos no destructivos, siempre que, mediante ensayos previos, se haya determinado una correspondencia razonable entre estos méto-

dos y los definidos en la UNE 103503. Sin perjuicio de lo anterior, será preceptivo que la calibración y contraste de estos equipos con los ensayos UNE 103300 y UNE 103503 se realice periódicamente durante la ejecución de las obras, en plazos no inferiores a quince días (15 d) ni superiores a treinta (30).

#### 513.9.2.2.3. Curado y protección superficial

Se controlará que la superficie de la capa permanezca constantemente húmeda hasta la extensión del producto de curado, pero sin que se produzcan encharcamientos.

Se realizará un (1) control diario, como mínimo, de la dotación de emulsión bituminosa empleada en el riego de curado, y, en su caso, del árido de cobertura, de acuerdo con lo especificado en el artículo 532 de este Pliego.

### 513.9.3. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor de la capa se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, en número no inferior al establecido por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. El número mínimo de testigos por lote será de dos (2), aumentándose hasta cinco (5) si el espesor de alguno de los dos (2) primeros fuera inferior al prescrito. Los orificios producidos se rellenarán con material de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente enrasado y compactado.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 513.7.4.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si

existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. En todos los semi-perfiles se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta un aspecto uniforme, así como una ausencia de segregaciones. Se verificará también la anchura de la capa.

## 513.10. Criterios de aceptación o rechazo

### 513.10.1. Densidad

Las densidades medias obtenidas *in situ* en el lote no deberán ser inferiores a las especificadas en el apartado 513.7.1; no más de dos (2) individuos de la muestra podrán arrojar resultados de hasta dos (2) puntos porcentuales por debajo de la densidad exigida. En los puntos que no cumplan lo anterior se realizarán ensayos de resistencia mecánica sobre testigos aplicándose los criterios establecidos en el apartado 513.10.2.

### 513.10.2. Resistencia mecánica

La resistencia media de un lote a una determinada edad, se determinará como media de las resistencias de las probetas fabricadas de acuerdo con lo indicado en el apartado 513.9.2.1. Si la resistencia media de las probetas del lote a los siete días (7 d) fuera superior a la mínima e inferior a la máxima de las referenciadas, se aceptará el lote.

Si la resistencia media fuera superior a la máxima deberán realizarse juntas de contracción por serrado a una distancia no superior a la indicada en el apartado 513.5.6 y de forma que no queden a menos de dos metros y medio (2,5 m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar.

Si la resistencia media fuera inferior a la mínima exigida, pero no a su noventa por ciento (90%), el Contratista podrá elegir entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o solicitar la realización de ensayos de información. Si fuera inferior al noventa por ciento (90%) de la mínima exigida el Contratista podrá elegir entre demoler el lote o esperar a los resultados de los ensayos de resistencia sobre testigos.

Los ensayos de información para la evalua-

ción de la resistencia mecánica del lote no conforme se realizarán, en su caso, comparando los resultados de ensayos a compresión simple de testigos extraídos de ese lote con los de extraídos de un lote aceptado. Éste deberá estar lo más próximo posible y con unas condiciones de puesta en obra similares a las del lote no conforme.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el número de testigos a extraer en cada uno de los lotes (aceptado y no conforme), que en ningún caso deberá ser inferior a cuatro (4). La edad de rotura de los testigos, que será la misma para ambos lotes, será fijada por el Director de las Obras.

El valor medio de los resultados de los testigos del lote no conforme se comprobará con el valor medio de los extraídos en el lote aceptado:

- Si no fuera inferior, el lote se podrá aceptar.
- Si fuera inferior a él pero no a su noventa por ciento (90%), se aplicará al lote las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Si fuera inferior a su noventa por ciento (90%), pero no a su ochenta por ciento (80%), el Director de las Obras podrá aplicar las sanciones previstas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o bien ordenar la demolición del lote y su reconstrucción, por cuenta del Contratista.
- Si fuera inferior a su ochenta por ciento (80%), se demolerá el lote y se reconstruirá, por cuenta del Contratista.

Si no se cumple alguna de las condiciones indicadas se rechazará el lote, que será demolido, y su producto trasladado a vertedero o empleado como indique el Director de las Obras.

### 513.10.3. Espesor

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos de secciones tipo. No más de dos (2) individuos de la muestra ensayada del lote presentarán resultados que bajen del especificado en un diez por ciento (10%).

Si el espesor medio obtenido fuera inferior al ochenta y cinco por ciento (85%) del especificado, se demolerá la capa correspondiente al lote controlado y se repondrá, por cuenta del Contratista. Si el espesor medio obtenido fuera superior al ochenta y cinco por ciento (85%) del especifi-

cado, se compensará la diferencia con un espesor adicional equivalente de la capa superior aplicado en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista.

No se permitirá en ningún caso el recrecimiento en capa delgada.

#### 513.10.4. *Rasante*

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas, ni existirán zonas que retengan agua. Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el Director de las Obras podrá aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario sin incremento de coste para la Administración. Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, se corregirá mediante fresado por cuenta del Contratista, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos.

#### 513.10.5. *Regularidad superficial*

Los resultados de la medida de la regularidad superficial de la capa acabada no excederán de los límites establecidos en el apartado 513.7.4. Si se sobrepasaran dichos límites, se procederá de la siguiente manera:

- Si es en más del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado, se corregirán los defectos mediante fresado por cuenta del Contratista, teniendo en cuenta todo lo especificado en el apartado 513.10.3.
- Si es en menos de un diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

#### 513.11. *Medición y abono*

La preparación de la superficie existente se considerará incluida en la unidad de obra correspondiente a la construcción de la capa sub-

yacente y, por tanto, no habrá lugar a su abono por separado. Sin embargo, cuando dicha construcción no se haya realizado bajo el mismo contrato, la preparación de la superficie existente se abonará por metros cuadrados ( $m^2$ ), medidos en el terreno.

El cemento se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, medidas por pesada directa en báscula debidamente contrastada.

La ejecución de los materiales tratados con cemento, incluida la ejecución de juntas en fresco, se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ) realmente fabricados y puestos en obra, medidos en los Planos de secciones tipo. El abono del árido y del agua empleados en la mezcla con cemento se considerará incluido en el de la ejecución.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá fijar un único abono de la gravamento o del suelocemento, en el que se incluyan todas las operaciones y todos los componentes, incluso el cemento.

La aplicación del ligante bituminoso para el riego de curado se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, medidas antes de su empleo. El árido de cobertura superficial, incluida su extensión y apisonado, se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra.

#### 513.12. *Especificaciones técnicas y distintivos de calidad*

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según el ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados—

autorizados para realizar tareas de certificación y ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### **Normas referenciadas**

NLT-305. Resistencia a compresión simple de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos.

NLT-310. Compactación con martillo vibrante de materiales granulares tratados.

NLT-326. Ensayo de lixiviación en materiales para carreteras (Método del tanque).

NLT-330. Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.

UNE 7133. Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones.

UNE 41240. Materiales tratados con conglomerantes hidráulicos. Métodos de ensayo. Determinación del plazo de trabajabilidad.

UNE 83301. Ensayos de hormigón. Fabricación y conservación de probetas.

UNE 103103. Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.

UNE 103104. Determinación del límite plástico de un suelo.

UNE 103201. Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.

UNE 103204. Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.

UNE 103300. Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.

UNE 103501. Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.

UNE 103503. Determinación «in situ» de la densidad de un suelo por el método de la arena.

UNE 146507-1. Ensayos de áridos. Determinación de la reactividad potencial de los áridos. Método químico. Parte 1: Determinación de la reactividad álcali-sílice y álcali-silicato.

UNE-EN 196-3. Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.

UNE-EN 932-1. Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 933-1. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.

UNE-EN 933-2. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-3. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.

UNE-EN 933-5. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.

UNE-EN 933-8. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo azul de metileno.

UNE-EN 1097-2. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 1744-1. Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.



# 516. Hormigón compactado (\*)

## 516.1. Definición

Se denomina hormigón compactado a una mezcla homogénea de áridos, agua y conglomerante, que se pone en obra de forma análoga a una gravacemiento, aunque su contenido de cemento es similar al de un pavimento de hormigón vibrado.

En la presente unidad de obra se seguirán las prescripciones del artículo 513 del pliego de prescripciones técnicas generales, completadas con las contenidas en el presente pliego de prescripciones técnicas particulares.

## 516.2. Materiales

### 516.2.1. Conglomerante

El conglomerante estará compuesto por cemento o por una mezcla de cemento y cenizas volantes, en este último caso, las proporciones relativas de ambos se fijarán mediante un estudio de laboratorio, y se recomienda que la mezcla se suministre ya efectuada.

#### 516.2.1.1. Cemento

Se seguirán las prescripciones del artículo 202 del pliego de prescripciones técnicas generales.

Podrán utilizarse cementos «Portland» con adiciones (tipo II), de horno alto (tipo III), puzo-

lánicos (tipo IV) o mixtos (tipo V). En las mezclas con cenizas volantes se recomienda el empleo de cementos «Portland» (tipo I).

#### 516.2.1.2. Cenizas volantes

Deberán utilizarse cenizas volantes silicoaluminosas. Excepcionalmente podrá autorizarse por el Director de las obras el empleo de cenizas sulfocálcicas, caracterizadas por tener actividad hidráulica y un contenido total de CaO superior al 25 por 100.

En todo caso, deberán cumplir las siguientes prescripciones:

- Contenido de inquemados inferior al 6 por 100.
- Superficie específica Blaine superior a 2.000 centímetros cuadrados por gramo.
- Cernido por el tamiz 400 metros UNE no inferior al 55 por 100.
- Características químicas constantes.
- Las cenizas volantes silicoaluminosas deberán manejarse en seco si su contenido en CaO libre es superior al 1 por 100. Con contenidos inferiores podrá admitirse su empleo en húmedo procurándose entonces que la humedad no supere el 20 por 100.
- Las cenizas sulfocálcicas deberán manejarse en seco. Para poder ser empleadas, su actividad hidráulica deberá ser tal que la resistencia a compresión simple de un mortero de cenizas volantes sea superior a 0,5 MPa (5 kp/cm), a los siete días, o a 3MPa

(\*) Artículo incorporado por el anexo de la OM de 31/7/1986 sobre secciones de firmes en autovías. La OM quedó derogada con la de 23 de mayo de 1989, que aprobó las instrucciones 6.1 y 6.2-IC sobre «Secciones de firmes». Hasta ahora se ha entendido que quedó derogada la OM, pero no los artículos relativos al PG-3 incluidos en su anexo. En todo caso, ninguna OM del hoy Ministerio de Fomento o de sus predecesores ha derogado el artículo de forma expresa.



(30 kp/cm), a los noventa días. Dicha resistencia se determinará como media de las roturas de tres probetas cilíndricas de 50 milímetros de diámetro y 100 milímetros de altura, fabricadas con un mortero de arena 0,5 milímetros y un 5 por 100 en peso de la arena seca, de ceniza volante, con la humedad óptima Proctor.

- Las probetas se compactarán en una prensa similar a las utilizadas para la determinación del CBR, según la norma NLT 111/78, y se conservarán en las condiciones previstas en la norma NLT 310/79.
- Las cenizas sulfocálcicas no deberán presentar problemas de expansión, lo que se comprobará previamente mediante las agujas de Le Châtelier sobre el mortero, incluso en caliente.

### 516.2.2. Áridos

Los áridos cumplirán las condiciones exigidas para tráfico pesado en el artículo 513 del pliego de prescripciones técnicas generales, con las que figuran a continuación.

La granulometría de los áridos combinados deberá ser continua, y junto con la del conglomerante en la proporción establecida deberá quedar incluida dentro de uno de los husos del cuadro 1.

El huso HC(20) sólo se empleará cuando no sean de temer riesgos de segregación.

En todo caso, la granulometría más adecuada deberá confirmarse mediante los oportunos ensayos, recomendándose las curvas menos ricas en finos.

El árido se suministrará fraccionado, al menos, en dos tamaños, separados, aproximadamente, por el tamiz 5 UNE.

**Cuadro 1**

Tamices UNE	Cernido ponderal acumulado (%)	
	HC (16)	HC (20)
25	—	100
20	100	85-100
16	88-100	75-100
10	70-87	60-83
5	50-70	42-63
2	35-50	30-47
400 µm	18-30	16-27
80 µm	10-20	9-19

La proporción mínima de elementos triturados en los áridos se establecerá de forma que el CBR de la mezcla recién compactada según la norma NLT 111/78, no sea inferior a sesenta y cinco.

### 516.2.3. Agua

Cumplirá el artículo 280 del pliego de prescripciones técnicas generales.

### 516.2.4. Adiciones

Salvo autorización expresa del Director de las obras, será obligatoria la utilización de un retardador de fraguado que permita obtener un plazo de trabajabilidad del material, a la temperatura prevista para su puesta en obra, acorde con las indicaciones del cuadro 2.

**Cuadro 2**

Sin tráfico	Ancho completo	5
	Por franjas	7
Refuerzo bajo tráfico		9

La temperatura a tener en cuenta para el plazo de trabajabilidad será la media ambiente prevista entre las once y las catorce horas.

El empleo de otras adiciones deberá ser aprobado por el Director de las obras

### 516.3. Dosificación del hormigón compactado

Para establecer la dosificación del hormigón compactado deberán realizarse ensayos previos a la ejecución.

La dosificación de conglomerante no deberá ser inferior al 10 por 100, en peso, del total de materiales secos. La resistencia a tracción indirecta de probetas, según las normas UNE 7240 y 7396, no deberá ser inferior a 3,3 MPa (33 kp/cm).

Prevía autorización del Director de las obras, podrán ensayarse probetas a edades tempranas, para establecer correlaciones razonables para el control de la obra.

## 516.4. Ensayos previos a la ejecución

### 516.4.1. Ensayos previos en laboratorio

Se realizarán antes de comenzar el hormigonado, para establecer la dosificación a la vista de los materiales disponibles y de las condiciones de ejecución previstas.

Para la elección de las distintas dosificaciones a ensayar deberá establecerse, en primer lugar, la relación entre su humedad y su densidad, según la norma NLT 108/72, «Proctor modificado». Se recomienda elegir las dosificaciones de mayor compacidad y menor sensibilidad a las variaciones de humedad. Para este estudio también podrá emplearse el método del consistómetro VeBe modificado.

Para cada dosificación ensayada deberá controlarse la resistencia a tracción indirecta a veintiocho días de probetas compactadas con la humedad óptima correspondiente al ensayo «Proctor modificado». Con objeto de conocer la evolución de su resistencia a edad temprana, deberá controlarse también la resistencia a siete días.

Caso de utilizarse como conglomerante mezclas de cemento con cenizas volantes, los ensayos a veintiocho días se sustituirán por ensayos a noventa días.

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro amasijos diferentes, confeccionándose series de dos probetas por cada uno, según la norma NLT 310/79. Dichas probetas se ensayarán a tracción indirecta según la norma UNE 7396, obteniéndose el valor medio de las roturas, el cual deberá superar la resistencia mínima especificada en el apartado 3 del presente pliego de prescripciones técnicas particulares con margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión introducida por la puesta en obra, la resistencia media real sobrepase también la especificada.

Cada vez que se confeccione una serie de probetas se controlará también el CBR de la mezcla recién compactada, según la norma NLT 111/78.

Deberá determinarse igualmente el plazo de trabajabilidad del material.

Una vez elegida la dosificación, deberá comprobarse la sensibilidad de su capacidad soporte inicial a las variaciones de humedad determinándose el CBR en probetas cuya humedad difiera de la óptima «Proctor modificado» en medio punto porcentual, en más y en menos. Deberá, asimismo, comprobarse la sensibilidad de

la resistencia a tracción indirecta a veintiocho días o, en su caso, a noventa días, frente a las variaciones de humedad y los defectos de compactación, determinando dicha resistencia.

En probetas cuya humedad difiera de la óptima «Proctor modificado» en medio punto porcentual, en más y en menos.

En probetas con la humedad óptima, pero a las que se haya aplicado la energía de compactación necesaria para obtener densidades iguales al 95 y 97 por 100 de la máxima «Proctor modificado».

Podrá prescindirse de estos ensayos si se dispusiera de experiencia suficiente, a juicio del Director de las obras, con los mismos cementos, cenizas y áridos.

### 516.4.2. Ensayos característicos en obra

Estos ensayos serán preceptivos en todos los casos, para comprobar que los medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón compactado de las características exigidas.

La humedad de fabricación de la mezcla deberá ajustarse de forma que en la puesta en obra del hormigón compactado, habida cuenta de las condiciones atmosféricas y de la distancia de transporte, la humedad de la mezcla esté comprendida entre la óptima «Proctor modificado» y medio punto porcentual menos.

Para cada dosificación elegida a partir de los ensayos previos en laboratorio, se llevarán a cabo ensayos de resistencia sobre probetas procedentes de seis amasijos diferentes, confeccionándose series de dos probetas por cada uno, según la norma 7240. Dichas probetas se ensayarán a tracción indirecta a siete días, según la norma UNE 7396, obteniéndose el valor medio de las roturas.

Si la resistencia media no fuera inferior al 90 por 100 de la resistencia a siete días obtenida en laboratorio, se podrá proceder a la realización de un tramo de prueba con la dosificación elegida. En caso contrario, se introducirán los ajustes necesarios en la dosificación hasta conseguir que se cumplan las exigencias del presente apartado.

### 516.4.3. Fórmula de trabajo

Una vez realizados los ensayos previos en laboratorio y característicos en obra con resultados satisfactorios, el Director de las obras aprobará la correspondiente fórmula de trabajo.

## 516.5. Equipo necesario para la ejecución de las obras

### 516.5.1. Central de fabricación

Se podrán utilizar centrales de mezcla continua o discontinua.

Será obligatorio el control ponderal para el cemento y para las cenizas, si se utilizan; los áridos podrán dosificarse por volumen. El agua añadida se controlará mediante un caudalímetro y un totalizador con indicador en la cabina de mando de la central.

### 516.5.2. Equipo de extensión

La extensión del hormigón compactado se realizará con equipos que aseguren una elevada precompactación, pudiendo utilizarse motoniveladoras sólo en casos excepcionales, previa autorización del Director de las obras.

### 516.5.3. Equipo de compactación

Este equipo constará, como mínimo, de un rodillo liso vibratorio pesado, con una carga estática sobre la generatriz no inferior a treinta kilopondios por centímetro, y de un rodillo pesado de neumáticos, cuya carga por rueda no sea inferior a tres toneladas y cuya presión de inflado no sea inferior a 0,8 MPa (8 kp/cm).

## 516.6. Tramos de prueba

En el tramo de prueba deberán conseguirse los siguientes grados de compactación, referidos a la densidad máxima «Proctor modificado» obtenida en laboratorio:

- Media de la capa no inferior al 97 por 100.
- Fondo de la capa no inferior al 95 por 100.

Cada uno de los ensayos individuales que componen las medias anteriores podrá bajar hasta dos puntos porcentuales de la media indicada.

Se realizará un mínimo de veinte medidas con el equipo que servirá para el control ulterior

en obra, repartidas aleatoriamente sobre toda la superficie del tramo.

Se fabricarán, al menos, cinco probetas de amasijos diferentes, que se ensayarán a los siete días a tracción indirecta, comprobándose que en todas ellas se supera la resistencia especificada.

Se comprobará asimismo la idoneidad del proceso de curado y protección del hormigón compactado fresco.

Si los resultados no fueran satisfactorios, se procederá a la realización de sucesivos tramos de prueba, introduciendo las oportunas variaciones en la fabricación y puesta en obra hasta obtener las calidades exigidas. Si mediante los ensayos característicos se hubiese comprobado la idoneidad de otras dosificaciones, podrá sustituirse la empleada en el primer tramo de prueba por alguna de éstas, con la aprobación previa del Director de las obras.

## 516.7. Ejecución de las obras

### 516.7.1. Fabricación de la mezcla

No se admitirá ningún método de acopio de los áridos, ni de transporte desde los acopios a las tolvas de la central, que pueda ser causa de segregación, degradación o mezcla de materiales de distintos tamaños. Se tomarán las medidas necesarias para impedir la contaminación de los áridos en contacto con el suelo, y para asegurar un drenaje adecuado de la superficie de apoyo.

Antes de iniciarse la fabricación, deberá estar acopiado, al menos, un 50 por 100 del árido necesario para la totalidad del hormigón compactado previsto.

El cemento se suministrará y acopiará según las prescripciones del apartado 5.2 de la vigente Instrucción EH-82. La capacidad mínima de acopio corresponderá al consumo de una jornada de rendimiento normal. Deberá preverse la misma capacidad de acopio en silos para las cenizas volantes, caso de que se suministren por separado en estado seco.

Cuando las cenizas volantes se suministren en húmedo, antes de iniciarse la fabricación del hormigón compactado deberá estar acopiado, al menos, un 50 por 100 de las necesarias. No deberán emplearse en la formación de estos acopios equipos capaces de originar aterronamientos. Se recomienda proteger los acopios con toldos, y adoptar las precauciones necesarias

para asegurar una descarga regular a la tolva dosificadora.

Las adiciones se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación; en particular los sacos de productos en polvo se almacenarán a cubierto y sobre plancha aislante, observando las mismas precauciones que en el caso del cemento.

Las adiciones suministradas en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos y protegidos de las heladas.

### 516.7.2. *Extensión de la mezcla*

Siempre que sea posible, la mezcla se extenderá por anchos completos; en caso contrario, deberá obtenerse el ancho total dentro del plazo de trabajabilidad del primer material colocado en obra. Si no empleasen retardadores de fraguado, no se permitirá la puesta en obra por franjas contiguas con más de una hora de diferencia entre los instantes de sus respectivas extensiones.

### 516.7.3. *Compactación y acabado*

Se recomienda efectuar unas pasadas previas de rodillo liso sin vibración.

En una sección transversal cualquiera, la compactación deberá quedar totalmente terminada dentro del plazo de trabajabilidad de la mezcla. Si no se empleasen retardadores de fraguado, no podrán transcurrir más de tres horas desde el instante en que se haya obtenido el primer amasijo para una determinada sección transversal, y el final de la compactación.

En todo momento, y especialmente en tiempo seco y caluroso deberá mantenerse húmeda la superficie mediante riego con agua finamente pulverizada, el cual deberá prolongarse hasta la colocación del riego de curado, asegurando que la superficie quede húmeda pero no encharcada.

### 516.7.4. *Refino de la superficie*

Caso de que se considere necesario efectuar un refino de la superficie del hormigón compactado, la extensión se realizará de forma que la superficie quede unos centímetros por encima de la rasante teórica. El refino podrá realizarse con motoniveladora u otros equipos adecuados, a partir

de una compactación mínima del 95 por 100 de la máxima «Proctor modificado». Una vez concluido el refino, deberá continuarse la compactación hasta alcanzar la densidad especificada.

Los materiales procedentes del refino deberán ser retirados evitándose aportaciones en capa delgada.

## 516.7.5. *Ejecución de juntas*

### 516.7.5.1. *Transversales*

Se dispondrán juntas de trabajo transversales al final de cada jornada, o siempre que el proceso constructivo se interrumpa durante un tiempo superior al plazo de trabajabilidad de la mezcla. Si no se utilizasen retardadores de fraguado, deberá disponerse una junta siempre que la detención sea superior a dos horas.

Las juntas de trabajo se cortarán de forma que su borde quede perfectamente vertical.

### 516.7.5.2. *Longitudinales*

Cuando se trabaje por franjas, la puesta en obra se organizará de forma que no sea necesaria la disposición de juntas de trabajo longitudinales.

Para ello, la unión de dos franjas contiguas se realizará dejando sin compactar un cordón longitudinal con una anchura del orden de 50 centímetros, el cual se compactará al ejecutar la segunda franja.

### 516.7.6. *Curado*

Terminada la capa de hormigón compactado, se procederá a la aplicación de un riego de curado. Podrán usarse productos especiales a base de polímeros, que aseguren no sólo una adecuada retención de la humedad, sino también un endurecimiento de su superficie: Su dotación mínima será de 400 gramos por metro cuadrado. También podrán usarse emulsiones aniónicas con un pH no inferior a cinco, con una dotación mínima de betún residual de 600 gramos por metro cuadrado. Las anteriores dotaciones podrán ser modificadas, en caso necesario, por el Director de las obras.

Se verterá una cantidad suplementaria de producto de curado en las juntas de trabajo hasta conseguir su obturación.

En la aplicación de la emulsión se seguirán las prescripciones del artículo 530 del pliego de prescripciones técnicas generales. En un plazo máximo de cinco minutos desde la aplicación de la emulsión se procederá a la extensión sobre la misma de arena 2/6 con una dotación comprendida entre cuatro y seis litros por metro cuadrado.

Estas operaciones se efectuarán antes de transcurridas doce horas desde el final de la compactación. En tiempo cálido y seco el Director de las obras podrá reducir este plazo.

La capa de hormigón compactado así tratada podrá abrirse al tráfico una vez producida la rotura de la emulsión. La capa de rodadura no se pondrá en obra antes de transcurridos siete días, recomendándose alargar este plazo hasta uno o dos meses, especialmente en tiempo frío.

### 516.8. Tolerancias de la superficie acabada

La regularidad superficial de cada lote de hormigón compactado se controlará dentro de las veinticuatro horas siguientes a su ejecución.

Cuando el incumplimiento de las tolerancias sea debido exclusivamente a la existencia de puntos altos, éstos podrán eliminarse por abrasión con discos de diamante.

El espesor de la capa de hormigón compactado se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos, con la frecuencia y en los puntos que señale el Director de las obras. Dicho espesor no deberá ser en ningún punto inferior en más de 15 milímetros al prescrito. Si se rebasase esta tolerancia, se extraerán testigos más próximos, para delimitar la zona rechazada.

Los orificios de los sondeos serán rellenados con hormigón de la misma calidad que el empleado en el resto de la capa, el cual será correctamente compactado y enrasado.

Las desviaciones en planta respecto de la alineación teórica no deberán ser superiores a cinco centímetros.

### 516.9. Limitaciones de la ejecución

El hormigón compactado se ejecutará cuando las condiciones ambientales permitan esperar que no se producirán heladas durante su período

de endurecimiento. En caso de lluvia, deberán suspenderse las operaciones.

### 516.10. Medición y abono

El hormigón compactado se abonará por metros cúbicos realmente construidos, medidos con arreglo a las secciones-tipo que figuran en los planos. No se abonarán las operaciones necesarias para reparar las superficies que acusen irregularidades superiores a las tolerables o que presenten aspecto defectuoso.

Los riegos de curado se abonarán según lo previsto en el artículo 530 del pliego de prescripciones técnicas generales.

### 516.11. Controles de fabricación y puesta en obra

#### 516.11.1. Control de fabricación

Se comprobará la humedad de la mezcla un mínimo de cinco veces al día.

Dos veces al día se comprobarán la granulometría, especialmente el contenido de finos, y el contenido de conglomerante.

Se llevará asimismo un control del consumo medio de conglomerante.

#### 516.11.2. Control de puesta en obra

##### 516.11.2.1. Compactación

Se referirá este control al procedimiento y número de pasadas aprobados en el tramo de prueba. Se utilizarán, siempre que sea posible, equipos gráficos de registro continuo instalados en los compactadores, para controlar su velocidad de avance, la frecuencia de la vibración, el tiempo de trabajo y la distancia recorrida.

##### 516.11.2.2. Densidad

Se efectuará una medición en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de una

medida por cada 100 metros cuadrados de superficie de capa, recomendándose el empleo de sondas nucleares.

#### 516.11.2.3. Humedad «in situ»

Se efectuarán medidas en emplazamientos aleatorios, en correspondencia con las efectuadas en el control de fabricación. Las zonas donde manifiestamente se hubiera producido un incidente se corregirán debidamente.

Si se produjeran desviaciones muy frecuentes, superiores a las tolerables, a juicio del Director de las obras, se reforzará el control al día siguiente.

#### 516.11.2.4. Espesores

Cada diez metros de extendido deberá realizarse, sobre el material sin compactar, un control de espesor mediante hincas de un clavo con es-

cala, teniendo en cuenta la disminución que sufrirá el material al compactarse.

#### 516.11.2.5. Tiempo de manejabilidad

Deberá controlarse la temperatura en el extendido y, según los ensayos previos, dosificar el retardador.

Cuando así lo indique el Director de las obras, se procederá al control del tiempo de manejabilidad del hormigón seco, por el método de la medida del tiempo de propagación del sonido u otro método aprobado por aquél.

#### 516.11.2.6. Curado

Se controlará que la superficie del hormigón compactado permanece constantemente húmeda antes de la extensión del producto de curado.

Se realizará un control diario, como mínimo, de la dosificación del producto de curado, mediante placa de 700 milímetros en cuadro.



# 517. *Hormigón magro* (\*)

## 517.1. Definición

Se denomina hormigón magro a una mezcla homogénea de áridos, agua y conglomerante, que se pone en obra de forma análoga a un pavimento de hormigón vibrado, aunque su contenido de cemento es bastante inferior al de éste.

En la presente unidad de obra se seguirán las prescripciones del artículo 550 del pliego de prescripciones técnicas generales, completadas con las contenidas en el presente pliego de prescripciones técnicas particulares.

## 517.2. Materiales

### 517.2.1. Cemento

No se exigirá limitación al contenido de aluminato tricálcico del «clinker».

### 517.2.2. Árido fino

No se exigirá porcentaje mínimo de partículas silíceas en el árido fino.

### 517.2.3. Árido grueso

El tamaño máximo del árido grueso no deberá ser superior a cuarenta milímetros (40 mm). Su

coeficiente de desgaste Los Ángeles, según la Norma NLT 149/72, será inferior a treinta (30).

## 517.2.4. *Productos filmógenos de curado*

Se seguirán las prescripciones del artículo 285 del pliego de prescripciones técnicas generales.

El producto filmógeno de curado deberá ser previamente aprobado por el Director de las obras. La dotación se determinará en la ejecución del tramo de prueba y no deberá ser inferior a doscientos gramos por metro cuadrado (200 g/m<sup>2</sup>), salvo instrucciones contrarias del Director de las obras. Este podrá, además, variar dicha dotación si las circunstancias atmosféricas así lo aconsejasen.

Con la frecuencia que indique el Director de las obras deberán efectuarse los ensayos necesarios para garantizar la constancia de las propiedades del producto.

## 517.3. Dosificación del hormigón magro

Para establecer la dosificación del hormigón magro deberán realizarse ensayos previos a la ejecución.

La cantidad total de partículas cernidas por el tamiz 160  $\mu$ m UNE no deberá ser inferior a doscientos cincuenta kilogramos por metro cúbico

(\*) Artículo incorporado por el anexo de la OM de 31/7/1986 sobre secciones de firmes en autovías. La OM quedó derogada con la de 23 de mayo de 1989, que aprobó las instrucciones 6.1 y 6.2-IC sobre «Secciones de firme». Hasta ahora se ha entendido que quedó derogada la OM, pero no los artículos relativos al PG-3 incluidos en su anexo. En todo caso, ninguna OM del hoy Ministerio de Fomento o de sus predecesores ha derogado el artículo de forma expresa.



(250 kg/m<sup>3</sup>) de hormigón magro, incluyéndose en dicha cantidad el cemento y las adiciones.

La dosificación de cemento no deberá ser inferior a ciento cuarenta kilogramos por metro cúbico (140 kg/m<sup>3</sup>) de hormigón magro. La relación ponderal agua/cemento deberá estar comprendida entre setenta y cinco y ciento cincuenta centésimas (0,75 a 1,50). No se exigirán otras condiciones a la consistencia de hormigón magro que las derivadas de la posibilidad de su puesto en obra con el equipo empleado.

Será obligatoria la utilización de un aireante, el cual deberá cumplir las mismas condiciones exigidas al que se utilice en el pavimento de hormigón vibrado. Su dosificación será tal, que el contenido de aire ocluido del hormigón magro recién puesto en obra, según la Norma UNE 7141, esté comprendido entre el cuatro y el seis por ciento (4 a 6%), en volumen.

La resistencia a compresión simple de probetas, según la Normas UNE 7240 y 7242, no deberá ser inferior a 8 MPa (8 kp/cm<sup>2</sup>) a los siete (7) días, o bien a 12 MPa (120 kp/cm<sup>2</sup>) a los noventa (90) días. Las probetas se compactarán por vibración mediante picado de veinticinco (25) golpes por capa; en todo caso las obras serán tres (3).

## 517.4. Ensayos previos a la ejecución

### 517.4.1. Ensayos previos en laboratorio

Para cada dosificación ensayada deberán controlarse la resistencia a compresión simple a siete (7) días, y el contenido de aire ocluido.

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasijos diferentes, confeccionándose series de dos (2) probetas por cada uno, según la Norma UNE 7240. Dichas probetas se ensayarán a compresión simple según la Norma UNE 7242, obteniéndose el valor medio de las roturas, el cual deberá superar a la resistencia mínima especificada en el apartado 3 del presente pliego de prescripciones técnicas particulares con margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión introducida por la puesta en obra, la resistencia media real sobrepase también la especificada.

Cada vez que se confeccione una serie de probetas se controlará también el aire ocluido, según la Norma UNE 7141.

### 517.4.2. Ensayos característicos en obra

Estos ensayos serán preceptivos en todos los casos, para comprobar que los medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón magro de las características exigidas.

El asiento del hormigón magro fresco, según la Norma UNE 7103, deberá estar comprendido entre dos y seis centímetros (2 a 6 cm).

Para cada dosificación elegida a partir de los ensayos previos en laboratorio, se llevarán a cabo ensayos de resistencia sobre probetas procedentes de seis (6) amasijos diferentes, confeccionándose series de dos (2) probetas por cada uno, según la Norma 7240. Dichas probetas se ensayarán a compresión simple, según la Norma UNE 7242, obteniéndose el valor medio de las roturas. Cada vez que se confeccione una serie de probetas se controlará también el aire ocluido, según la Norma UNE 7141.

Si la resistencia media no fuera inferior a la especificada y el contenido de aire ocluido estuviera en todos los ensayos dentro de los límites establecidos, se podrá proceder a la realización de un tramo de prueba con la dosificación elegida. En caso contrario, se introducirán los ajustes necesarios en la dosificación hasta conseguir que se cumplan las exigencias del presente apartado.

### 517.5. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se utilizará el mismo tipo de equipo utilizado para la construcción del pavimento de hormigón vibrado.

El constructor podrá proponer la ejecución de la obra con otro tipo de equipo, siempre que cumpla las prescripciones del artículo 550 del pliego de prescripciones técnicas generales. En todo caso los equipos deberán ser aprobados previa y específicamente por el Director de las obras.

La producción de la central de fabricación deberá garantizar que la extendedora no se detenga por falta de suministro.

### 517.6. Tramos de prueba

La ubicación del tramo de ensayo deberá ser previamente aprobada por el Director de las obras. Su longitud no deberá ser inferior a cien metros (100 m).

### 517.7. Ejecución de las obras

A la superficie del hormigón magro no se dará ningún tipo de textura, procurando por el contrario que quede lo más lisa posible.

El curado se realizará obligatoriamente con productos filmógenos.

Solamente se realizarán juntas de hormigonado, tanto longitudinales como transversales, estas últimas se dispondrán perpendiculares al eje de la calzada.

No se sellará junta alguna.

### 517.8. Control de la resistencia del hormigón magro en obra

Cada día de hormigonado se determinará la resistencia de dos (2) amasijos diferentes, por el valor medio de la resistencia a compresión simple de dos (2) probetas confeccionadas con arreglo a lo prescrito en el apartado 3 del presente pliego de prescripciones técnicas particulares.

### 517.9. Tolerancias de la superficie acabada

La regularidad superficial de cada lote de hormigón magro se controlará dentro de las veinticuatro horas (24 h) siguientes a su ejecución.

La superficie acabada no deberá rebasar a la teórica en ningún punto, ni quedar por debajo de la misma en más de treinta milímetros (30 mm). Asimismo, no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), aplicada tanto paralela como normalmente al eje de la carretera.

Las zonas en las que no se cumplan las tolerancias establecidas o que retengan agua su superficie, deberán corregirse con arreglo a lo siguiente:

- Los puntos altos se eliminarán por fresado.
- No se permitirá en ningún caso el recrecimiento en capa delgada. Si la superficie del hormigón magro quedase por bajo de la teórica en más de la tolerancia establecida, se adoptará una de las dos siguientes soluciones, según las instrucciones del Director de las obras:
  - Incremento del espesor del pavimento de hormigón vibrado.
  - Reconstrucción de la zona afectada.

### 517.10. Medición y abono

El hormigón magro se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ) realmente construidos, medidos con arreglo a las secciones-tipo que figuran en los planos.

# 530. Riegos de imprimación (\*)

## 530.1. Definición

Se define como riego de imprimación la aplicación de un ligante hidrocarbonado sobre una capa granular, previa a la colocación sobre ésta de una capa o de un tratamiento bituminoso.

## 530.1. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará, en todo caso a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

## 530.2.1. Ligante hidrocarbonado

El tipo de ligante hidrocarbonado a emplear vendrá fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y, salvo justificación en contrario, deberá estar incluido entre los que a continuación se indican:

- FM100 del artículo 212, «Betún fluidificado para riegos de imprimación», de este Pliego.

- EAI, ECI, EAL-1 o ECL-1 del artículo 213, «Emulsiones bituminosas», de este Pliego, siempre que en el tramo de prueba se muestre su idoneidad y compatibilidad con el material granular a imprimir.

## 530.2.2. Árido de cobertura

### 530.2.2.1. Condiciones generales

El árido de cobertura a emplear, eventualmente, en riegos de imprimación será arena natural, arena de machaqueo o una mezcla de ambas.

### 530.2.2.2. Granulometría

La totalidad del árido deberá pasar por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2, y no contener más de un quince por ciento (15%) de partículas inferiores al tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2, según la UNE-EN 933-1.

### 530.2.2.3. Limpieza

El árido deberá estar exento de polvo, suciedad, terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.

El equivalente de arena del árido, según la UNE-EN 933-8, deberá ser superior a cuarenta (40).

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo, en sustitución del anterior con el mismo nombre.

#### 530.2.2.4. Plasticidad

El material deberá ser «no plástico», según la UNE 103104.

### 530.3. Dotación de los materiales

La dotación del ligante quedará definida por la cantidad que sea capaz de absorber la capa que se imprima en un período de veinticuatro horas (24 h). Dicha dotación no será inferior en ningún caso a quinientos gramos por metro cuadrado ( $500 \text{ g/m}^2$ ) de ligante residual.

La dotación del árido de cobertura será la mínima necesaria para la absorción de un exceso de ligante, o para garantizar la protección de la imprimación bajo la acción de la eventual circulación durante la obra sobre dicha capa. Dicha dotación, en ningún caso, será superior a seis litros por metro cuadrado ( $6 \text{ l/m}^2$ ), ni inferior a cuatro litros por metro cuadrado ( $4 \text{ l/m}^2$ ).

En cualquier circunstancia, el Director de las Obras fijará las dotaciones, a la vista de las pruebas realizadas en obra.

### 530.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

#### 530.4.1. Equipo para la aplicación del ligante hidrocarbonado

El equipo para la aplicación del ligante hidrocarbonado irá montado sobre neumáticos, y deberá ser capaz de aplicar la dotación de ligante especificada, a la temperatura prescrita. El dispositivo regador proporcionará una uniformidad transversal suficiente, a juicio del Director de las Obras, y deberá permitir la recirculación en vacío del ligante.

En puntos inaccesibles al equipo descrito en el párrafo anterior, y para completar la aplicación, se podrá emplear un equipo portátil, provisto de una lanza de mano.

Si fuese necesario calentar el ligante, el equipo deberá estar dotado de un sistema de calefacción por serpentines sumergidos en la cisterna, la cual deberá ser calorífuga. En todo caso, la bomba de impulsión del ligante deberá ser accionada por un motor, y estar provista de un indicador de presión. El equipo también deberá estar dotado de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensor no podrá estar situado en las proximidades de un elemento calefactor.

#### 530.4.2. Equipo para la extensión del árido de cobertura

Para la extensión del árido, se utilizarán extendedoras mecánicas, incorporadas a un camión o autopropulsadas. Únicamente se podrá extender el árido manualmente, previa aprobación del Director de las Obras, si se tratase de cubrir zonas aisladas en las que hubiera exceso de ligante. En cualquier caso, el equipo utilizado deberá proporcionar una repartición homogénea del árido.

### 530.5. Ejecución de las obras

#### 530.5.1. Preparación de la superficie existente

Se comprobará que la superficie sobre la que se vaya a efectuar el riego de imprimación, cumple las condiciones especificadas para la unidad de obra correspondiente, y no se halle reblandecida por un exceso de humedad. En caso contrario, deberá ser corregida de acuerdo con este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales referente a la unidad de obra de que se trate, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o las instrucciones del Director de las Obras.

Inmediatamente antes de proceder a la aplicación del ligante hidrocarbonado, la superficie a imprimir se limpiará de polvo, suciedad, barro y materiales sueltos o perjudiciales. Para ello se utilizarán barredoras mecánicas o máquinas de aire a presión; en los lugares inaccesibles a estos equipos se podrán emplear escobas de mano. Se cuidará especialmente de limpiar los bordes de la zona a imprimir. Una vez limpia la superficie, se regará ligeramente con agua, sin saturarla.

### 530.5.2. *Aplicación del ligante hidrocarbonado*

Cuando la superficie a imprimir mantenga aún cierta humedad, se aplicará el ligante hidrocarbonado con la dotación y a la temperatura aprobadas por el Director de las Obras. Éste podrá dividir la dotación total en dos (2) aplicaciones, si así lo requiere la correcta ejecución del riego.

La extensión del ligante hidrocarbonado se efectuará de manera uniforme, evitando duplicarla en las juntas transversales de trabajo. Para ello, se colocarán, bajo los difusores, tiras de papel u otro material en las zonas donde se comience o interrumpa el riego. Donde fuera preciso regar por franjas, se procurará una ligera superposición del riego en la unión de dos contiguas.

La temperatura de aplicación del ligante será tal, que su viscosidad esté comprendida entre veinte y cien segundos Saybolt Furol (20 a 100 sSF), según la NLT-138, en el caso de que se emplee un betún fluidificado para riegos de imprimación, o entre cinco y veinte segundos Saybolt Furol (5 a 20 sSF), según la NLT-138, en el caso de que se emplee una emulsión bituminosa.

Se protegerán, para evitar mancharlos de ligante, cuantos elementos —tales como bordillos, vallas, señales, balizas, árboles, etc.— estén expuestos a ello.

### 530.5.3. *Extensión del árido de cobertura*

La eventual extensión del árido de cobertura se realizará, por orden del Director de las Obras, cuando sea preciso hacer circular vehículos sobre la imprimación o donde se observe que, parte de ella, está sin absorber veinticuatro horas (24 h) después de extendido el ligante.

La extensión del árido de cobertura se realizará por medios mecánicos de manera uniforme y con la dotación aprobada por el Director de las Obras. En el momento de su extensión, el árido no deberá contener más de un dos por ciento (2%) de agua libre, este límite podrá elevarse al cuatro por ciento (4%), si se emplea emulsión bituminosa.

Se evitará el contacto de las ruedas de la extendidora con ligante sin cubrir. Si hubiera que extender árido sobre una franja imprimada, sin que lo hubiera sido la adyacente, se dejará sin cubrir una zona de aquélla de unos veinte centímetros (20 cm) de anchura, junto a la superficie que todavía no haya sido tratada.

### 530.6. *Limitaciones de la ejecución*

El riego de imprimación se podrá aplicar sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a los diez grados Celsius (10 °C), y no exista fundado temor de precipitaciones atmosféricas. Dicho límite se podrá rebajar por el Director de las Obras a cinco grados Celsius (5 °C), si la temperatura ambiente tiende a aumentar.

La aplicación del riego de imprimación se coordinará con la puesta en obra de la capa bituminosa a aquel superpuesta, de manera que el ligante hidrocarbonado no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Director de las Obras lo estime necesario, se efectuará otro riego de imprimación, el cual no será de abono si la pérdida de efectividad del riego anterior fuese imputable al Contratista.

Se prohibirá todo tipo de circulación sobre el riego de imprimación, mientras no se haya absorbido todo el ligante o, si se hubiese extendido árido de cobertura, durante las cuatro horas (4 h) siguientes a la extensión de dicho árido. En todo caso, la velocidad de los vehículos no deberá sobrepasar los cuarenta kilómetros por hora (40 km/h).

### 530.7. *Control de calidad*

#### 530.7.1. *Control de procedencia de los materiales*

El ligante hidrocarbonado deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado 212.4 del artículo 212 de este Pliego o 213.4 del artículo 213 de este Pliego, según el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear.

De cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán dos (2) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8.

#### 530.7.2. *Control de calidad de los materiales*

##### 530.7.2.1. *Control de calidad del ligante hidrocarbonado*

El ligante hidrocarbonado deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado

212.5 del artículo 212 de este Pliego o 213.5 del artículo 213 de este Pliego, según el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear.

### 530.7.2.2. Control de calidad del árido de cobertura

El control de calidad del árido de cobertura será fijado por el Director de las Obras.

### 530.7.3. Control de ejecución

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al de menor tamaño de entre los resultantes de aplicar los tres (3) criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La superficie imprimada diariamente.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro tamaño de lote.

Las dotaciones de ligante hidrocarbonado y, eventualmente, de árido, se comprobarán mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel, o de otro material similar, colocadas sobre la superficie durante la aplicación del ligante o la extensión del árido, en no menos de cinco (5) puntos. En cada una de estas bandejas, chapas u hojas, se determinará la dotación de ligante residual, según la UNE-EN 12697-3. El Director de las Obras podrá autorizar la comprobación de las dotaciones medias de ligante hidrocarbonado y áridos, por otros medios.

Se comprobarán la temperatura ambiente, la de la superficie a imprimir y la del ligante hidrocarbonado, mediante termómetros colocados lejos de cualquier elemento calefactor.

### 530.8. Criterios de aceptación o rechazo

La dotación media, tanto del ligante residual como, en su caso, de los áridos, no deberá diferir de la prevista en más de un quince por ciento (15%). No más de un (1) individuo de la mues-

tra ensayada podrá presentar resultados que excedan de los límites fijados.

El Director de las Obras determinará las medidas a adoptar con los lotes que no cumplan los criterios anteriores.

### 530.9. Medición y abono

El ligante hidrocarbonado empleado en riegos de imprimación se abonará por toneladas (t) realmente empleadas y pesadas en una báscula contrastada, o bien por superficie regada multiplicada por la dotación media del lote. El abono incluirá la preparación de la superficie existente y la aplicación del ligante hidrocarbonado.

El árido, eventualmente empleado en riegos de imprimación, se abonará por toneladas (t) realmente empleadas y pesadas directamente en una báscula contrastada. El abono incluirá la extensión del árido.

### 530.10. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

NLT-138. Viscosidad Saybolt de las emulsiones bituminosas.

UNE 103104. Determinación del límite plástico de un suelo.

UNE-EN 932-1. Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 933-1. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.

UNE-EN 933-2. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-8. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 12697-3. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 3: Recuperación de betún: Evaporador rotatorio.



# 531. Riegos de adherencia (\*)

## 531.1. Definición

Se define como riego de adherencia la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa tratada con ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos, previa a la colocación sobre ésta de cualquier tipo de capa bituminosa que no sea un tratamiento superficial con grava, o una lechada bituminosa.

A efectos de aplicación de este artículo, no se considerarán como riego de adherencia los definidos en el artículo 532 de este Pliego como riegos de curado.

## 531.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará, en todo caso a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

### 531.2.1. Emulsión bituminosa

El tipo de emulsión a emplear vendrá fijado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particu-

lares y, salvo justificación en contrario, deberá estar incluido entre los que a continuación se indican:

- EAR-1 o ECR-1; artículo 213, «Emulsiones bituminosas», de este Pliego.
- ECR-1-m o ECR-2-m; artículo 216, «Emulsiones bituminosas modificadas con polímeros», de este Pliego.

En riegos de adherencia para capas de rodadura con espesores iguales o inferiores a cuatro centímetros ( $\leq 4$  cm), para las carreteras con categorías de tráfico pesado T00 y T0, será preceptivo el empleo de emulsiones del artículo 216 de este pliego.

## 531.3. Dotación del ligante

La dotación de la emulsión bituminosa a utilizar vendrá definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Dicha dotación no será inferior en ningún caso a doscientos gramos por metro cuadrado ( $200 \text{ g/m}^2$ ) de ligante residual, ni a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado ( $250 \text{ g/m}^2$ ) cuando la capa superior sea una mezcla bituminosa discontinua en caliente (artículo 543 de este Pliego); o una capa de rodadura drenante (artículo 542 de este Pliego); o una capa de mezcla bituminosa en caliente, tipo D o S (artículo 542 de este Pliego) empleada como rehabilitación superficial de una carretera en servicio.

No obstante, el Director de las Obras podrá modificar tal dotación, a la vista de las pruebas realizadas en obra.

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo, en sustitución del anterior con la misma denominación.

### 531.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

#### 531.4.1. Equipo para la aplicación de la emulsión bituminosa

El equipo para la aplicación del ligante irá montado sobre neumáticos, y deberá ser capaz de aplicar la dotación de emulsión especificada, a la temperatura prescrita. El dispositivo regador proporcionará una uniformidad transversal suficiente, a juicio del Director de las Obras, y deberá permitir la recirculación en vacío de la emulsión.

Cuando el riego de adherencia se aplique antes de la extensión de una mezcla bituminosa discontinua en caliente (artículo 543 de este Pliego), en obras de carreteras con intensidades medias diarias superiores a diez mil (10.000) vehículos/día o cuando la extensión de la aplicación sea superior a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), en las categorías de tráfico pesado T00 a T1, el sistema de aplicación del riego deberá ir incorporado al de la extensión de la mezcla, de tal manera que de ambos simultáneamente se garantice una dotación continua y uniforme. Análogamente serán preceptivos los requisitos anteriores en capas de rodadura de espesor igual o inferior a cuatro centímetros ( $\leq 4$  cm), en especial en las mezclas bituminosas drenantes (artículo 542 de este Pliego), cuando se trate de aplicaciones para rehabilitación superficial de carreteras en servicio.

El resto de aplicaciones para categorías de tráfico pesado superiores a T2 y en obras de más de setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) de superficie para categorías de tráfico pesado T3 y T4, el equipo para la aplicación de la emulsión deberá disponer de rampa de riego.

En puntos inaccesibles a los equipos descritos anteriormente, y para completar la aplicación, se podrá emplear un equipo portátil, provisto de una lanza de mano.

Si fuese necesario calentar la emulsión, el equipo deberá estar dotado de un sistema de calefacción por serpientes sumergidos en la cis-

terna, la cual deberá ser calorífuga. En todo caso, la bomba de impulsión de la emulsión deberá ser accionada por un motor, y estar provista de un indicador de presión. El equipo también deberá estar dotado de un termómetro para la emulsión, cuyo elemento sensor no podrá estar situado en las proximidades de un elemento calefactor.

### 531.5. Ejecución de las obras

#### 531.5.1. Preparación de la superficie existente

Se comprobará que la superficie sobre la que se vaya a efectuar el riego de adherencia cumple las condiciones especificadas para la unidad de obra correspondiente. En caso contrario, deberá ser corregida de acuerdo con este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales referente a la unidad de obra de que se trate, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o las instrucciones del Director de las Obras.

Inmediatamente antes de proceder a la aplicación de la emulsión bituminosa, la superficie a tratar se limpiará de polvo, suciedad, barro y materiales sueltos o perjudiciales. Para ello se utilizarán barredoras mecánicas o máquinas de aire a presión; en los lugares inaccesibles a estos equipos se podrán emplear escobas de mano. Se cuidará especialmente de limpiar los bordes de la zona a tratar.

Si la superficie fuera un pavimento bituminoso en servicio, se eliminarán, mediante fresado, los excesos de emulsión bituminosa que hubiese, y se repararán los desperfectos que pudieran impedir una correcta adherencia.

Si la superficie tuviera un riego de curado de los definidos en el artículo 532 de este Pliego, transcurrido el plazo de curado, se eliminará éste por barrido energético, seguido de soplo con aire comprimido u otro método aprobado por el Director de las Obras.

#### 531.5.2. Aplicación de la emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa se aplicará con la dotación y temperatura aprobadas por el Director de las Obras. Su extensión se efectuará de ma-

nera uniforme, evitando duplicarla en las juntas transversales de trabajo. Para ello, se colocarán, bajo los difusores, tiras de papel u otro material en las zonas donde se comience o interrumpa el riego. Donde fuera preciso regar por franjas, se procurará una ligera superposición del riego en la unión de dos contiguas.

La temperatura de aplicación de la emulsión será tal que su viscosidad esté comprendida entre diez y cuarenta segundos Saybolt Furol (10 a 40 sSF), según la NLT-138.

Se protegerán, para evitar mancharlos de ligante, cuantos elementos, tales como bordillos, vallas, señales, balizas, etc., estén expuestos a ello.

### 531.6. Limitaciones de la ejecución

El riego de adherencia se podrá aplicar sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a los diez grados Celsius (10 °C), y no exista fundado temor de precipitaciones atmosféricas. Dicho límite se podrá rebajar a juicio del Director de las Obras a cinco grados Celsius (5 °C), si la temperatura ambiente tiende a aumentar.

La aplicación del riego de adherencia se coordinará con la puesta en obra de la capa bituminosa a aquél superpuesta, de manera que la emulsión bituminosa haya curado o roto, pero sin que haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Director de las Obras lo estime necesario, se efectuará otro riego de adherencia, el cual no será de abono si la pérdida de efectividad del riego anterior fuese imputable al Contratista.

Se prohibirá todo tipo de circulación sobre el riego de adherencia, hasta que haya terminado la rotura de la emulsión.

## 531.7. Control de calidad

### 531.7.1. Control de procedencia de la emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado 213.4 del artículo 213 de este Pliego o 216.4 del artículo 216 de este Pliego, según el tipo de emulsión a emplear.

### 531.7.2. Control de calidad de la emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado 213.5 del artículo 213 de este Pliego o 216.5 del artículo 216 de este Pliego, según el tipo de emulsión a emplear.

### 531.7.3. Control de ejecución

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al de menor tamaño de entre los resultantes de aplicar los tres (3) criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La superficie regada diariamente.

La dotación de emulsión bituminosa se comprobará mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel, o de otro material similar, colocadas sobre la superficie durante la aplicación de la emulsión, en no menos de cinco (5) puntos. En cada una de estas bandejas, chapas u hojas se determinará la dotación de ligante residual, según la UNE-EN 12697-3. El Director de las Obras podrá autorizar la comprobación de las dotaciones medias de emulsión bituminosa, por otros medios.

Se comprobarán la temperatura ambiente, la de la superficie a tratar y la de la emulsión, mediante termómetros colocados lejos de cualquier elemento calefactor.

## 531.8. Criterios de aceptación o rechazo

La dotación media del ligante residual no deberá diferir de la prevista en más de un quince por ciento (15%). No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar resultados que excedan de los límites fijados.

El Director de las Obras determinará las medidas a adoptar con los lotes que no cumplan los criterios anteriores.

### 531.9. Medición y abono

La emulsión bituminosa empleada en riegos de adherencia se abonará por toneladas (t) realmente empleadas y pesadas en una báscula contrastada, o bien por superficie regada multiplicada por la dotación media del lote. El abono incluirá el de la preparación de la superficie existente y el de la aplicación de la emulsión.

### 531.10. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure

el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

#### Normas referenciadas

NLT-138. Viscosidad Saybolt de las emulsiones bituminosas.

UNE-EN 12697-3. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 3: Recuperación de betún: Evaporador rotatorio.

## 532. *Riegos de curado* (\*)

### 532.1. Definición

Se define como riego de curado la aplicación de una película continua y uniforme de emulsión bituminosa sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, al objeto de dar impermeabilidad a toda su superficie.

### 532.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

#### 532.2.1. Emulsión bituminosa

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de emulsión bituminosa a emplear, el cual, salvo justificación en contrario, de-

berá estar incluido entre los que a continuación se indican:

- EAR-1, ECR-1; artículo 213, «Emulsiones bituminosas», de este Pliego.

#### 532.2.2. Árido de cobertura

##### 532.2.2.1. Condiciones generales

El árido de cobertura a emplear, eventualmente, en riegos de curado será arena natural, arena de machaqueo o una mezcla de ambas.

##### 532.2.2.2. Granulometría

La totalidad del árido deberá pasar por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2 y no contener más de un quince por ciento (15%) de partículas inferiores al tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2, según la UNE-EN 933-1.

##### 532.2.2.3. Limpieza

El árido deberá estar exento de polvo, suciedad, terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.

El equivalente de arena del árido, según la UNE-EN 933-8, deberá ser superior a cuarenta (40).

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo, en sustitución del anterior con la misma denominación.

#### 532.2.2.4. Plasticidad

El material deberá ser «no plástico», según la UNE 103104.

### 532.3. Dotación de los materiales

La dotación de emulsión bituminosa a utilizar quedará definida por la cantidad que garantice la formación de una película continua, uniforme e impermeable de ligante hidrocarbonado. Dicha dotación no será inferior en ningún caso a trescientos gramos por metro cuadrado (300 g/m<sup>2</sup>) de ligante residual.

La dotación del árido de cobertura será la mínima necesaria para garantizar la protección del riego de curado bajo la acción de la eventual circulación durante la obra sobre dicha capa. Dicha dotación, en ningún caso, será superior a seis litros por metro cuadrado (6 l/m<sup>2</sup>), ni inferior a cuatro litros por metro cuadrado (4 l/m<sup>2</sup>).

En cualquier circunstancia, el Director de las Obras fijará las dotaciones a la vista de las pruebas realizadas en obra.

### 532.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

#### 532.4.1. Equipo para la aplicación del ligante hidrocarbonado

El equipo para la aplicación de la emulsión bituminosa irá montado sobre neumáticos, y deberá ser capaz de aplicar la dotación de ligante especificada, a la temperatura prescrita. El dispositivo regador proporcionará una uniformidad transversal suficiente, a juicio del Director de las Obras, y deberá permitir la recirculación en vacío del ligante.

En puntos inaccesibles al equipo descrito en el párrafo anterior, y para completar la aplica-

ción, se podrá emplear un equipo portátil, provisto de una lanza de mano.

Si fuese necesario calentar el ligante, el equipo deberá estar dotado de un sistema de calefacción por serpentines sumergidos en la cisterna, la cual deberá ser calorífuga. En todo caso, la bomba de impulsión del ligante deberá ser accionada por un motor, y estar provista de un indicador de presión. También deberá estar dotado el equipo de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensor no podrá estar situado en las proximidades de un elemento calefactor.

#### 532.4.2. Equipo para la extensión del árido de cobertura

Para la extensión del árido, se utilizarán extendedoras mecánicas, incorporadas a un camión o autopropulsadas. Únicamente se podrá extender el árido manualmente, previa aprobación del Director de las Obras, si se tratase de cubrir zonas aisladas en las que hubiera exceso de ligante. En cualquier caso, el equipo utilizado deberá proporcionar una repartición homogénea del árido.

### 532.5. Ejecución de las obras

#### 532.5.1. Preparación de la superficie existente

Se comprobará que la superficie sobre la que se vaya a efectuar el riego de curado cumple las condiciones especificadas para la unidad de obra correspondiente. En caso contrario, deberá ser corregida de acuerdo con este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales referente a la unidad de obra de que se trate, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o las instrucciones del Director de las Obras.

Inmediatamente antes de proceder a la aplicación de la emulsión bituminosa, la superficie a tratar se limpiará de polvo, suciedad, barro y materiales sueltos o perjudiciales. Para ello se utilizarán barredoras mecánicas o máquinas de aire a presión; en los lugares inaccesibles a estos equipos se podrán emplear escobas de mano. Se cuidará especialmente de limpiar los bordes de la zona a tratar.

### 532.5.2. *Aplicación de las emulsiones bituminosas*

La emulsión bituminosa se aplicará con la dotación y temperatura aprobadas por el Director de las Obras. Su extensión se efectuará de manera uniforme, evitando duplicarla en las juntas transversales de trabajo. Para ello, se colocarán, bajo los difusores, tiras de papel u otro material en las zonas donde se comience o interrumpa el riego. Donde fuera preciso regar por franjas, se procurará una ligera superposición del riego en la unión de dos contiguas.

La temperatura de aplicación del ligante será tal que su viscosidad esté comprendida entre diez y cuarenta segundos Saybolt Furol (10 a 40 sSF), según la NLT-138.

El plazo de curado deberá ser fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras.

Se protegerán, para evitar mancharlos de ligante, cuantos elementos, tales como bordillos, vallas, señales, balizas, etc., estén expuestos a ello.

### 532.5.3. *Extensión del árido de cobertura*

La eventual extensión del árido de cobertura se realizará, por orden del Director de las Obras, cuando sea preciso hacer circular vehículos sobre el riego de curado.

La extensión del árido de cobertura se realizará por medios mecánicos de manera uniforme y con la dotación aprobada por el Director de las Obras. En el momento de su extensión, el árido no deberá contener más de un cuatro por ciento (4%) de agua libre.

Tras la extensión del árido de cobertura se procederá al apisonado con un compactador de neumáticos y, previamente a la apertura al tráfico, se barrerá para eliminar el árido sobrante, cuidando de no dañar el riego.

Se evitará el contacto de las ruedas de la extendidora con ligante sin cubrir. Si hubiera que extender árido sobre una franja imprimada, sin que lo hubiera sido la adyacente, se dejará sin cubrir una zona de aquella de unos veinte centímetros (20 cm) de anchura, junto a la superficie que todavía no haya sido tratada.

### 532.6. *Limitaciones de la ejecución*

El riego de curado se podrá aplicar sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a los diez grados Celsius (10 °C), y no exista fundado temor de precipitaciones atmosféricas. Dicho límite se podrá rebajar a juicio del Director de las Obras a cinco grados Celsius (5 °C), si la temperatura ambiente tiende a aumentar.

### 532.7. *Control de calidad*

#### 532.7.1. *Control de procedencia de los materiales*

El ligante hidrocarbonado deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado 213.4 del artículo 213 de este Pliego.

De cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán dos (2) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8.

#### 532.7.2. *Control de calidad de los materiales*

##### 532.7.2.1. *Control de calidad de la emulsión bituminosa*

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado 213.5 del artículo 213 de este Pliego.

##### 532.7.2.2. *Control de calidad del árido de cobertura*

El control de calidad del árido de cobertura será fijado por el Director de las Obras.

#### 532.7.3. *Control de ejecución*

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al de menor tamaño de en-



tre los resultantes de aplicar los tres (3) criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La superficie regada diariamente.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán fijar otro tamaño de lote.

Las dotaciones de emulsión bituminosa y, eventualmente, de árido, se comprobarán mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel, o de otro material similar, colocadas sobre la superficie durante la aplicación del ligante o extensión del árido, en no menos de cinco (5) puntos. En cada una de estas bandejas, chapas u hojas se determinará la dotación de ligante residual, según la UNE-EN 12697-3. El Director de las Obras podrá autorizar la comprobación de las dotaciones medias de emulsión bituminosa y áridos, por otros medios.

Se comprobará la temperatura ambiente, la de la superficie a tratar y la del ligante hidrocarbonado, mediante termómetros colocados lejos de cualquier elemento calefactor.

### 532.8. Criterios de aceptación o rechazo

La dotación media, tanto de ligante residual como, en su caso, de los áridos, no deberá diferir de la prevista en más de un quince por ciento (15%). No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar resultados que excedan de los límites fijados.

El Director de las Obras determinará las medidas a adoptar con los lotes que no cumplan los criterios anteriores.

### 532.9. Medición y abono

La emulsión bituminosa empleada en riegos de curado se abonará por toneladas (t) realmente empleadas y pesadas en una báscula contrastada, o bien por superficie regada multiplicada por la dotación media del lote. El abono incluirá el de la preparación de la superficie existente, el de la aplicación de la emulsión bituminosa y el de la eliminación posterior del riego de curado.

El árido, eventualmente empleado en riegos de curado, se abonará por toneladas (t) realmente empleadas y pesadas directamente en una báscula contrastada. El abono incluirá la extensión del árido.

### 532.10. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

NLT-138. Viscosidad Saybolt de las emulsiones bituminosas.

UNE 103104. Determinación del límite plástico de un suelo.

UNE-EN 932-1. Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 933-1. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.

UNE-EN 933-2. Ensayo para determinar las

propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-8. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8:

Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 12697-3. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 3: Recuperación de betún: Evaporador rotatorio.

# 540. Lechadas bituminosas (\*)

## 540.1. Definición

Las lechadas bituminosas para su empleo en tratamientos superficiales de mejora de la textura superficial o sellado de pavimentos, son mezclas fabricadas a temperatura ambiente con un ligante hidrocarbonado (emulsión bituminosa), áridos, agua y, eventualmente, polvo mineral de aportación y adiciones, cuya consistencia es adecuada para su puesta en obra y pueden aplicarse en una o varias capas.

A efectos de aplicación de este artículo, el material definido en el párrafo anterior será empleado de acuerdo con lo especificado en el cuadro 540.4 y el espesor en la puesta en obra no deberá sobrepasar el que corresponda con el tamaño máximo nominal del árido.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la lechada bituminosa y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie que va a recibir la mezcla.
- Fabricación de la lechada bituminosa de acuerdo con la fórmula propuesta.
- Extensión de la lechada bituminosa.

## 540.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de

construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

## 540.2.1. Emulsiones bituminosas

El tipo de emulsión bituminosa a emplear vendrá fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares en función de la zona térmica estival en que se encuentre y de la categoría de tráfico pesado, definidas en la Norma 6.1-IC de secciones de firme o en la Norma 6.3-IC de rehabilitación de firmes, y, salvo justificación en contrario, deberá estar incluido entre los que aparecen en el cuadro 540.1.

**Cuadro 540.1**  
**Tipo de emulsión bituminosa (artículos 213 y 216 de este Pliego)**

Zona térmica estival	Categoría de tráfico pesado	
	T0, T1 y T2	T3, T4 y arcenes
Cálida	ECL-2d-m EAL-2d	EAL-2d, ECL-2d
Media	ECL-2d	
Templada	ECL-2-m	EAL-2, ECL-2

Para las categorías de tráfico pesado T0 y T1 y en tramos de carretera con intensidades medias diarias de tráfico superiores a diez mil vehículos/día

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo, en sustitución del anterior con la misma denominación.

(IMD > 10.000), en todas las aplicaciones de lechadas bituminosas en capa única o en segunda capa deberá usarse emulsiones del tipo ECL-2d-m.

En el caso de utilizar emulsiones con adiciones no incluidas en los artículos 213 ó 216 de este Pliego, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras establecerá el tipo de adición y las especificaciones que deberán cumplir las emulsiones bituminosas, su ligante residual y las lechadas bituminosas resultantes. La dosificación y el modo de dispersión de la adición deberán ser aprobados por el Director de las Obras.

En el caso de incorporación de productos (fibras, materiales elastoméricos, etc.) como modificadores de la reología de la lechada bituminosa, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras determinará su proporción, así como la del ligante utilizado, de tal manera que se garantice un comportamiento en mezcla semejante al que se obtuviera de emplear un ligante bituminoso de los especificados en el artículo 216 de este Pliego.

Según lo dispuesto en el apartado 2.3.f) del Plan Nacional de neumáticos fuera de uso, aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros, de 5 de octubre de 2001, en las obras en las que la utilización del producto resultante de la trituración de los neumáticos usados sea técnica y económicamente viable se dará prioridad a estos materiales. Para ello las emulsiones bituminosas a emplear podrán ser fabricadas con ligantes modificados por adición de polvo de neumáticos usados.

## 540.2.2. Áridos

### 540.2.2.1. Características generales

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, las cuales se acopiarán y manejarán por separado. La combinación de las distintas fracciones en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo se realizará en el propio acopio empleando medios mecánicos que aseguren la homogeneidad de la mezcla resultante. Los áridos combinados se acopiarán por separado tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones hasta el momento de la carga en el equipo de fabricación.

En cumplimiento del Acuerdo de Consejo de Ministros de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Cons-

trucción y Demolición 2001-2006, se podrán emplear estos materiales siempre y cuando hayan sido tratados adecuadamente para satisfacer las especificaciones técnicas recogidas en este artículo.

El equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, del árido obtenido combinando las distintas fracciones, según las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, y antes de la eventual incorporación de polvo mineral de aportación no deberá ser inferior a cuarenta (40) si la emulsión bituminosa empleada es aniónica, o a sesenta (60) si es catiónica. De no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez (10) y, simultáneamente, su equivalente de arena deberá ser superior a treinta (30), si la emulsión bituminosa empleada es aniónica, o a cincuenta (50) si es catiónica.

### 540.2.2.2. Árido grueso

#### 540.2.2.2.1. Definición de árido grueso

Se define como árido grueso a la parte del conjunto de fracciones granulométricas retenida en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.

#### 540.2.2.2.2. Angulosidad del árido grueso (partículas trituradas)

El árido grueso se obtendrá triturando piedra de cantera o grava natural.

La proporción mínima de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5, no será inferior a cien (100) para las categorías de tráfico pesado T0, T1 y T2, ni a setenta y cinco (75) en los demás casos.

#### 540.2.2.2.3. Forma del árido grueso (índice de lajas)

El índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3, será inferior a veinticinco (25) para las categorías de tráfico pesado T0, T1 y T2 y a treinta (30) para los demás casos.

#### 540.2.2.2.4. Resistencia a la fragmentación del árido grueso (coeficiente de Los Ángeles)

El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2, no deberá ser superior al fijado por el cuadro 540.2.

**Cuadro 540.2**  
**Valor máximo del coeficiente de Los Ángeles**

Categoría de tráfico pesado		
T0 y T1	T2, T3 y arcenes	T4
20	25	30

Para las categorías de tráfico pesado T2 a T4, en arcenes, o cuando la lechada bituminosa tenga la finalidad exclusiva de sellar un pavimento, el valor máximo del coeficiente de Los Ángeles no deberá ser superior a treinta (30).

#### 540.2.2.2.5. Resistencia al pulimento del árido grueso (coeficiente de pulimento acelerado)

El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso, según el anexo D de la UNE 146130, no deberá ser inferior a cincuenta centésimas (0,50) para las categorías de tráfico pesado T0, T1 y T2, y a cuarenta y cinco centésimas (0,45) en los demás casos. Podrá utilizarse árido grueso con coeficiente de pulimento acelerado no inferior a cuarenta centésimas (0,40), en los siguientes supuestos:

- En arcenes, para categorías de tráfico pesado T3 y T4.
- En la primera capa de una lechada bituminosa multicapa, cuando la segunda capa se aplique de forma inmediata.

#### 540.2.2.2.6. Limpieza del árido grueso (contenido de impurezas)

El árido grueso deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.

### 540.2.2.3. Árido fino

#### 540.2.2.3.1. Definición de árido fino

Se define como árido fino a la parte del conjunto de fracciones granulométricas cernida por el tamiz 2 mm, de la UNE-EN 933-2, y retenida por el tamiz 0,063 mm, de la UNE-EN 933-2.

#### 540.2.2.3.2. Procedencia del árido fino

El árido fino deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o grava natural en su totalidad, o en parte de yacimientos naturales.

Únicamente para categorías de tráfico pesado T3 y T4, podrá emplearse arena natural, no triturada, y en ese caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras, deberá señalar la proporción máxima de arena natural, no triturada, a emplear en la mezcla, la cual no será superior al veinte por ciento (20%) de la masa total del árido combinado, sin que supere, en ningún caso, el porcentaje de árido fino triturado empleado en la mezcla.

#### 540.2.2.3.3. Limpieza del árido fino

El árido fino deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.

#### 540.2.2.3.4. Resistencia a la fragmentación del árido fino

El árido fino será de la misma naturaleza que el árido grueso y deberá cumplir las condiciones exigidas en el apartado 540.2.2.2.4 sobre coeficiente de Los Ángeles y coeficiente de pulimento acelerado.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá autorizar el empleo de árido fino de otra naturaleza que mejore alguna característica, en especial la adhesividad, pero en cualquier caso procederá de un árido con coeficiente de Los Ángeles inferior a veinticinco (25) y coeficiente de pulimento acelerado superior a cuarenta y cinco centésimas (0,45) para las categorías de tráfico pesado T0 a T2 y a cuarenta centésimas (0,40) en los demás casos.

Las arenas naturales deberán estar constituidas por partículas estables y resistentes.

### 540.2.2.4. Polvo mineral

#### 540.2.2.4.1. Definición del polvo mineral

Se define como polvo mineral a la parte del conjunto de fracciones granulométricas (árido y productos minerales de aportación) cernidas por el tamiz 0,063 mm de acuerdo con la UNE-EN 933-1.

#### 540.2.2.4.2. Procedencia del polvo mineral

Podrá suplirse el polvo mineral incluido en el árido grueso y fino con un producto comercial o especialmente preparado, cuya misión sea acelerar el proceso de rotura de la emulsión o activar la consecución de la cohesión de la lechada bituminosa.

Las proporciones y características de esta aportación se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras.

#### 540.2.2.4.3. Finura y actividad del polvo mineral

La densidad aparente del polvo mineral, según la NLT-176, deberá estar comprendida entre cinco y once décimas de gramo por centímetro cúbico (0,5 a 1,1 g/cm<sup>3</sup>).

#### 540.2.3. Agua

El agua deberá cumplir las prescripciones del artículo 280 de este Pliego.

#### 540.3. Tipo, composición y dotación de las lechadas bituminosas

La granulometría del árido obtenido combinando las distintas fracciones de los áridos (incluido el polvo mineral), según el tipo de lechada bituminosa, deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos fijados en el cuadro 540.3. El análisis granulométrico se hará según la UNE-EN 933-1.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo, la composición, la dotación media y mínima de la lechada bituminosa y el número de capas de su aplicación que deberán cumplir lo especificado en el cuadro 540.4.

**Cuadro 540.3**  
Husos granulométricos para lechadas bituminosas. Cernido acumulado (% en masa)

Tipo de lechada	Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)										
	12,5	10	8	6,3	4	2	1	0,500	0,250	0,125	0,063
LB1	100	85-89	77-92	-	55-74	35-55	25-41	15-30	9-20	5-12	3-7
LB2	—	—	100	80-95	60-84	40-64	25-45	15-31	10-22	6-14	5-9
LB3	—	—	—	100	75-90	55-75	40-60	25-45	15-30	8-20	6-12
LB4	—	—	—	—	100	77-92	53-74	35-56	20-40	12-26	10-18

**Cuadro 540.4**  
Composición, dotación y campo de aplicación de los distintos tipos de lechadas bituminosas

Características	Tipo de lechada			
	LB1	LB2	LB3	LB4
Dotación media (kg/m <sup>2</sup> )	14-18	11-14	8-11	5-8
Capa en que se aplica*	2.ª o única		cualquiera	1.ª o única
Betún residual** (% en masa del árido)	5-6,5	5,5-9	6-10	9-12
Campo de aplicación	T0 a T2 y T3 y T4 (en vías de servicio)		T2 a T4, arcenes de T0 a T2 y 1.ª capa	Arcenes de T3 y T4, sellado y 1.ª capa

\* Cuando la superficie a tratar fuera de textura fina y lisa, y no fuera posible, o aconsejable, mejorarla mediante un fresado de pequeño espesor, para permitir una mejor adherencia al pavimento, será preceptivo aplicar al menos dos (2) capas, la primera será tipo LB3 (categorías de tráfico pesado T0 a T2), o LB4 (resto de categorías de tráfico pesado).

\*\* Se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos, si son necesarias.

#### 540.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

##### 540.4.1. Equipo de fabricación y extensión

La lechada bituminosa se fabricará en mezcladoras móviles autopropulsadas que simultáneamente realizarán la extensión. El equipo dispondrá de los elementos para realizar o facilitar la carga de todos los materiales (áridos, emulsión, adiciones, etc.), así como de la capacidad de carga necesaria para realizar aplicaciones en continuo de más de quinientos metros (500 m).

El mezclador será de tipo continuo, y los tanques y tolvas de los distintos materiales deberán tener su salida sincronizada con él, con los tarados y contrastes necesarios para lograr la composición correspondiente a la fórmula de trabajo. Del mezclador pasará la lechada bituminosa a la caja repartidora a través de una compuerta regulable, provista del número de salidas necesario para distribuir uniformemente la lechada bituminosa en la caja repartidora.

La extensión de la lechada bituminosa se realizará por medio de una caja repartidora o rastra, remolcada sobre la superficie a tratar, generalmente por el equipo que lleva la mezcladora.

Dicha rastra será metálica, de anchura regulable, y deberá estar dotada de dispositivos de cierre

laterales y de una maestra final de goma, regulable en altura, la cual deberá ser renovada cuantas veces resulte preciso. También deberá llevar en su interior un dispositivo que reparta uniformemente la lechada bituminosa ante la maestra.

#### 540.5. Ejecución de las obras

##### 540.5.1. Estudio de la lechada bituminosa y obtención de la fórmula de trabajo

La fabricación de la lechada bituminosa no deberá iniciarse hasta que se haya aprobado, en el laboratorio por el Director de las Obras, la correspondiente fórmula de trabajo, y verificado en el tramo de prueba correspondiente.

Dicha fórmula señalará:

- La granulometría de los áridos combinados, empleando los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico en el apartado 540.3 y, en su caso, los porcentajes de las distintas fracciones a emplear en la mezcla.
- El tipo de emulsión bituminosa.
- La dosificación de emulsión bituminosa, referida a la masa total de los áridos.
- La dosificación del polvo mineral, referida a la masa total de los áridos.
- Cuando se utilicen otro tipo de adiciones, su dosificación.

El contenido de emulsión bituminosa y, en su caso, de las adiciones deberán fijarse en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares a la vista de los materiales a emplear, siguiendo los criterios marcados por el cuadro 540.5 en fun-

**Cuadro 540.5**  
**Criterios de dosificación de lechadas bituminosas**

Ensayo	Categoría de tráfico pesado			
	T0 y T1	T2	T3 y arcenes	T4*
Consistencia (NLT-317) (cm)	0 a 2			
Pérdida máxima en abrasión por vía húmeda (NLT-320) (g/m <sup>2</sup> )	450	550	650	750
Par de torsión mínimo a los 60 minutos (NLT-323) (kg · cm)	20	—	—	—

\* También en arcenes, o cuando la lechada bituminosa tenga la finalidad exclusiva de sellar un pavimento.



ción de los resultados de ensayos de consistencia, de abrasión y del cohesiómetro, según las NLT-317, NLT-320 y NLT-323, respectivamente.

La fórmula de trabajo de la lechada bituminosa deberá asegurar el cumplimiento de las características de la unidad terminada en lo referente a la macrotextura superficial y a la resistencia al deslizamiento, según lo indicado en el apartado 540.7.

Podrá mejorarse la adhesividad entre el árido y la emulsión bituminosa mediante activantes o cualquier otro producto sancionado por la experiencia. En tales casos el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras establecerá las condiciones que tendrán que cumplir dichas adiciones y las lechadas bituminosas resultantes.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá ordenar que se corrija la fórmula de trabajo, justificándolo debidamente con un nuevo estudio y los ensayos oportunos. Se estudiará y aprobará otra fórmula de trabajo en el caso de que varíe la procedencia de alguno de los componentes de la lechada bituminosa.

### 540.5.2. Preparación de la superficie existente

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá prever la ejecución de riegos de imprimación o adherencia, según los artículos 530 y 531 de este Pliego, previamente a la lechada bituminosa. Su objeto será permitir una correcta adherencia de la lechada bituminosa a la superficie subyacente, si ésta fuera granular en el primer caso, o bituminosa o de hormigón en el segundo.

Inmediatamente antes de proceder a la aplicación de la lechada bituminosa se limpiará la superficie a tratar de polvo, suciedad, barro, materias sueltas o perjudiciales. Para ello se utilizarán barredoras mecánicas o aire a presión; en los lugares inaccesibles a estos equipos se podrán emplear escobas de mano. Se cuidará especialmente de limpiar los bordes de la zona a tratar.

Si la superficie fuera un pavimento bituminoso, se eliminarán los excesos de ligante hidrocarbonado que pudiera haber mediante fresado, y se repararán los desperfectos que pudieran impedir una correcta adherencia de la lechada bituminosa.

El Director de las Obras podrá autorizar, si lo estima conveniente, la humectación de la superficie a tratar inmediatamente antes de la aplica-

ción de la lechada bituminosa, con la dotación de agua fijada por aquél, repartida de manera uniforme.

### 540.5.3. Aprovisionamiento de áridos

Los áridos se suministrarán fraccionados; cada fracción será suficientemente homogénea, y deberá poderse acopiar y manejar sin peligro de segregación, observándose las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás, debiendo evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación o contaminación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un árido.

El volumen mínimo de acopio de áridos antes de iniciar la fabricación de la lechada bituminosa vendrá fijado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y, salvo justificación en contrario, no deberá ser inferior al cincuenta por ciento (50%) del total de la obra o al correspondiente a un mes de trabajo.

En caso de que el Director de las Obras lo juzgue necesario, los áridos se humectarán convenientemente antes de su empleo.

### 540.5.4. Fabricación de la lechada bituminosa

Las proporciones de los componentes de la lechada bituminosa se atenderán a la fórmula de trabajo aprobada.

La incorporación de los materiales se hará de manera que la envuelta de los áridos por el ligante sea completa y homogénea, mientras la lechada bituminosa permanezca en la mezcladora.

La lechada bituminosa fabricada deberá pasar a la caja repartidora de forma continua. El desnivel entre el vertedero del mezclador y la rastra deberá regularse, de forma que no se produzcan segregaciones.

Toda lechada bituminosa heterogénea o que muestre una envuelta defectuosa de los áridos por la emulsión bituminosa, será rechazada.

#### 540.5.5. Extensión de la lechada bituminosa

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, establecerá la anchura extendida en cada aplicación.

El avance de los equipos de extensión se hará paralelamente al eje de la vía, con la velocidad conveniente para obtener la dotación prevista y una textura uniforme.

Cuando se extienda la lechada bituminosa por franjas longitudinales, entre cada dos (2) contiguas deberá establecerse un solape de diez centímetros (10 cm). En el caso de aplicaciones de segunda capa, los solapes de la primera y la segunda capa no deberán coincidir para evitar una dotación excesiva. Al finalizar la extensión de cada franja se realizará una junta transversal de trabajo, de forma que quede recta y perpendicular al eje de la vía.

Con lechadas bituminosas, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras podrá prever el empleo de compactadores de neumáticos.

#### 540.6. Tramo de prueba

Antes de iniciarse la puesta en obra de la lechada bituminosa será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para com-

probar la fórmula de trabajo y la forma de actuación del equipo.

El tramo de prueba tendrá una longitud no inferior a la definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la obra en construcción.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso se podrá iniciar la fabricación de la lechada bituminosa. En el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, definirá su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos, o incorporar equipos suplementarios.

No se podrá proceder a la producción sin que el Director de las Obras haya autorizado el inicio, en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba.

#### 540.7. Especificaciones de la unidad terminada

La superficie de la capa deberá presentar una textura uniforme y exenta de segregaciones.

La macrotextura superficial, según la NLT-335, y la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, salvo justificación en contrario, no deberán ser inferiores a los valores indicados en el cuadro 540.6.

**Cuadro 540.6**  
**Macrotextura superficial (NLT-335) y resistencia al deslizamiento (NLT-336) de los distintos tipos de lechadas bituminosas**

Característica	Tipo de lechada			
	LB1	LB2	LB3	LB4
Macrotextura superficial* Valor mínimo (mm)	1,1	0,9	0,7	0,5
Resistencia al deslizamiento** CRT mínimo (%)	65		60	55

\* Medida en los 15 días siguientes a la extensión de la lechada bituminosa.

\*\* Medida una vez transcurridos dos meses de la aplicación de la lechada bituminosa

## 540.8. Limitaciones de la ejecución

La aplicación de lechada bituminosa se llevará a cabo sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a los diez grados Celsius (10 °C), y no exista fundado temor de precipitaciones atmosféricas. Dicho límite se podrá rebajar por el Director de las Obras a cinco grados Celsius (5 °C), si la temperatura ambiente tiende a aumentar.

Se evitará todo tipo de circulación sobre la lechada bituminosa mientras la emulsión no haya roto y la lechada bituminosa no haya adquirido la resistencia suficiente para resistir la acción de aquélla.

Cuando se prevea más de una (1) capa de lechada bituminosa se aplicará la última después de haber sometido la anterior a la acción de la circulación durante al menos un (1) día, y previo barrido del material desprendido.

## 540.9. Control de calidad

### 540.9.1. Control de procedencia de los materiales

#### 540.9.1.1. Control de procedencia de la emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado 213.4 del artículo 213 de este Pliego o 216.4 del artículo 216 de este Pliego, según el tipo de emulsión bituminosa a emplear.

#### 540.9.1.2. Control de procedencia de los áridos

Si con los áridos se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo o documento acreditativo de la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad del árido, según lo indicado en el apartado 540.12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia de los áridos no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del árido y para cualquier volumen de producción previsto se tomarán tres (3) muestras, según la UNE-EN 932-1, y para cada una de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.
- El coeficiente de pulimento acelerado, según el anexo D de la UNE 146130.
- El índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
- El porcentaje de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.

El Director de las Obras podrá ordenar la repetición de estos ensayos con nuevas muestras, y la realización de los siguientes ensayos adicionales:

- Densidad aparente en tolueno del polvo mineral, según la NLT-176.
- Índice de azul de metileno del árido combinado según la UNE-EN 933-9.

El Director de las Obras comprobará, además, la retirada de la eventual montera en la extracción de los áridos, la exclusión de la misma de vetas no utilizables, y la adecuación de los sistemas de trituración y clasificación.

### 540.9.2. Control de calidad de los materiales

#### 540.9.2.1. Control de calidad de la emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado 213.5 del artículo 213 de este Pliego o 216.5 del artículo 216 de este Pliego, según el tipo de emulsión bituminosa a emplear.

#### 540.9.2.2. Control de calidad de los áridos

Por cada setenta toneladas (70 t), o fracción, de árido de cada procedencia aceptada, se tomarán muestras según la UNE-EN 932-1 y se realizarán los siguientes ensayos:

- Dos (2) granulometrías de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.

Por cada setenta toneladas (70 t), o fracción, de árido combinado, se tomarán muestras según la UNE-EN 932-1 y se realizarán los siguientes ensayos:

- Una (1) granulometría, según la UNE-EN 933-1.
- Dos (2) equivalentes de arena, según la UNE-EN 933-8.

Con independencia de lo anteriormente establecido y cuando el Director de las Obras lo estime conveniente, se llevarán a cabo las series de ensayos que considere necesarios para la comprobación de las demás características reseñadas en este Pliego.

Las tolerancias admisibles, en más o en menos, respecto de la granulometría de la fórmula de trabajo serán las siguientes, referidas a la masa total de áridos (incluido el polvo mineral):

- Tamices superiores al 2 mm de la UNE-EN 933-2:  $\pm 3\%$ .
- Tamices comprendidos entre el 2 mm y el 0,063 mm de la UNE-EN 933-2:  $\pm 2\%$ .
- Tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2:  $\pm 1\%$ .

### 540.9.3. Control de ejecución

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al correspondiente a dos (2) cargas consecutivas de la mezcladora móvil.

Las dotaciones de lechada bituminosa se comprobarán dividiendo la masa total de los materiales utilizados, medido por diferencia de masa de la mezcladora antes y después de la extensión, por la superficie realmente tratada, medida sobre el terreno. Para ello deberá disponerse de una báscula contrastada.

El contenido medio de emulsión bituminosa se deducirá de ensayos de extracción, realizados según la UNE-EN 12697-1 en puntos aleatoriamente elegidos, en número no inferior a cinco (5), tomados a la salida del canal que alimenta la rastra repartidora.

Las tolerancias admisibles, en más o en menos, respecto de la dosificación de ligante hidrocarbonado de la fórmula de trabajo serán del tres por mil ( $\pm 0,3\%$ ) en masa, del total de áridos (in-

cluido el polvo mineral), sin bajar del mínimo especificado en el apartado 540.3, según el tipo de lechada que se trate.

### 540.9.4. Control de recepción de la unidad terminada

Se realizarán los ensayos siguientes, que deberán cumplir lo establecido en el cuadro 540.6:

- Medida de la macrotextura superficial, según la NLT-335, en los quince días (15 d) siguientes a la extensión de la lechada bituminosa, en cinco (5) puntos del lote considerado en el control de ejecución aleatoriamente elegidos de forma que haya al menos uno por hectómetro (1/hm).
- Determinación de la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, una vez transcurridos dos (2) meses desde la extensión de la lechada bituminosa.

### 540.10. Criterio de aceptación o rechazo

#### 540.10.1. Dotación

La dotación media de lechada bituminosa no deberá diferir de la prevista en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Si la dotación media de lechada bituminosa obtenida es inferior a la prevista en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se procederá de la siguiente manera:

- Si la dotación media de lechada bituminosa obtenida es inferior al noventa por ciento (90%) de la especificada, se levantará la capa de lechada bituminosa correspondiente al lote controlado mediante fresado y se repondrá por cuenta del Contratista.
- Si la dotación media de lechada bituminosa obtenida no es inferior al noventa por ciento (90%) de la especificada, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de lechada bituminosa correspondiente al lote controlado.

La dotación media de ligante residual no deberá diferir de la prevista en la fórmula de traba-

jo en más de un punto porcentual (1%). No más de dos (2) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que difieran de la prescrita, en la citada fórmula, en más de un punto porcentual y medio (1,5%).

### 540.10.2. *Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento*

El resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial, según la NLT-335, no deberá ser inferior al valor previsto en el cuadro 540.6. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más del veinticinco por ciento (25%) del mismo.

Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al valor previsto en el cuadro 540.6, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en el cuadro 540.6, se levantará la capa de lechada bituminosa correspondiente al lote controlado mediante fresado y se repondrá por cuenta del Contratista.
- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en el cuadro 540.6, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

El resultado medio del ensayo de la determinación de la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, no deberá ser inferior al valor previsto en el cuadro 540.6. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más de cinco unidades (5).

Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al valor previsto en el cuadro 540.6, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en el cuadro 540.6, se levantará la capa de lechada bituminosa co-

rrespondiente al lote controlado mediante fresado y se repondrá por cuenta del Contratista.

- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en el cuadro 540.6, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

### 540.11. *Medición y abono*

Si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares previera riegos de imprimación, éstos se abonarán según lo previsto para ellos en el artículo 530 de este Pliego.

La fabricación y extensión de la lechada bituminosa se abonará por toneladas (t), obtenidas como producto de la superficie realmente tratada, medida sobre el terreno con arreglo a la sección-tipo de los Planos, por la dotación media deducida de los ensayos de control, exceptuando el agua de amasado. Este abono incluirá el de la preparación de la superficie existente y el eventual del polvo mineral de aportación.

La emulsión bituminosa empleada en lechadas bituminosas se abonará por toneladas (t), deducidas aplicando a la medición de la lechada bituminosa abonable, la dotación media de emulsión obtenida en los ensayos de control. Este abono incluirá el eventual de las adiciones.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá establecer, también, el abono por unidad de superficie (m<sup>2</sup>), con la fijación de unos umbrales de dotaciones, exceptuando el agua de amasado, de acuerdo con lo indicado en este artículo.

### 540.12. *Especificaciones técnicas y distintivos de calidad*

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure

el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

NLT-176. Densidad aparente del polvo mineral en tolueno.

NLT-317. Consistencia, con el cono, de las lechadas bituminosas.

NLT-320. Abrasión por vía húmeda de las lechadas bituminosas.

NLT-323. Método de ensayo para clasificar las lechadas bituminosas por medida del par de torsión, en el cohesiómetro, en función del tiempo de curado.

NLT-335. Medida de la macrotextura superficial de un pavimento por la técnica volumétrica.

NLT-336. Determinación de la resistencia al deslizamiento con el equipo de medida del rozamiento transversal.

UNE 146130. Áridos para mezclas bitumino-

sas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas pavimentadas.

UNE-EN 932-1. Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 933-1. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.

UNE-EN 933-2. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-3. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.

UNE-EN 933-5. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.

UNE-EN 933-8. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.

UNE-EN 1097-2. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 12697-1. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 1: Contenido de ligante soluble.



## 542. Mezclas bituminosas en caliente (\*)

### 542.1. Definición

Se define como mezcla bituminosa en caliente la combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos (incluido el polvo mineral) y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los áridos (excepto, eventualmente, el polvo mineral de aportación) y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la ambiente.

A efectos de aplicación de este artículo, se define como mezcla bituminosa en caliente de alto módulo para su empleo en capa de base bituminosa en espesor entre siete y trece centímetros (7 a 13 cm), aquella que, además de todo lo anterior, el valor de su módulo dinámico a veinte grados Celsius (20 °C), según la NLT-349, sea superior a once mil megapascuales (11.000 MPa).

Las mezclas bituminosas en caliente de alto módulo deberán además cumplir, excepto en el caso que se mencionen expresamente otras, las especificaciones que se establecen en este artículo para las mezclas semidensas definidas en las tablas 542.3 y 542.8.

La ejecución de cualquier tipo de mezcla bituminosa en caliente de las definidas anteriormente incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla de acuerdo con la fórmula de trabajo.

- Transporte de la mezcla al lugar de empleo.
- Preparación de la superficie que va a recibir la mezcla.
- Extensión y compactación de la mezcla.

### 542.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará en todo caso, además a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

#### 542.2.1. Ligante hidrocarbonado

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear, que será seleccionado, en función de la capa a que se destine la mezcla bituminosa en caliente, de la zona térmica estival en que se encuentre y de la categoría de tráfico pesado, definidas en la Norma 6.1 IC de secciones de firme o en la Norma 6.3 IC de rehabilitación de firmes, entre los que se indican en la tabla 542.1 y, sal-

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo. Esta OM suprimió, entre otros, los artículos: 541. «Mezclas bituminosas en frío» y 542. «Mezclas bituminosas en caliente».



**Tabla 542.1**  
**Tipo de ligante hidrocarbonado a emplear (artículos 211 y 215 de este pliego)**

Zona térmica estival	Categoría de tráfico pesado						
	T00	T0	T1	T2	T3 y arcenes	T4	
a) En capa de rodadura y siguiente	<b>Cálida</b>		B40/50				
		B40/50		B60/70	B40/50		
		BM-2		BM-2	B60/70	B60/70	B60/70
		BM-3c		BM-3b	BM-3b		B80/100
			BM-3c				B80/100
	<b>Media</b>	B40/50					
		B60/70		B60/70		B60/70	B60/70
		BM-3b		BM-3b		B80/100	B80/100
		BM-3c					
	<b>Templada</b>	B40/50					
		B60/70		B60/70		B60/70	B60/70
		BM-3b		B80/100		B80/100	B80/100
BM-3c			BM-3b				
b) En capa de base, bajo otras dos	<b>Cálida</b>	B40/50					
		B60/70		B40/50	B60/70		
		BM-2		B60/70			
	<b>Media</b>	B40/50		B40/50	B60/70		
		B60/70		B60/70	B80/100		
		BM-2					
	<b>Templada</b>		B40/50				
			B60/70		B80/100		
			B80/100				

vo justificación en contrario, deberá cumplir las especificaciones de los correspondientes artículos de este Pliego.

Para mezclas bituminosas en caliente de alto módulo el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear será el BM-1 para las categorías de tráfico pesado T00 y T0 y el B13/22 para las categorías de tráfico pesado T1 y T2.

Los betunes de penetración indicados en la tabla 542.1, cuyas especificaciones se recogen en el artículo 211, podrán ser sustituidos por betunes de penetración que cumplan con los tipos, las especificaciones y las condiciones nacionales especiales de la norma europea UNE-EN 12591, según se indica:

- B40/50 por B35/50
- B60/70 por B50/70
- B80/100 por B70/100

Para las categorías de tráfico pesado T00 y T0, en las mezclas bituminosas a emplear en ca-

pas de rodadura o rehabilitaciones superficiales se utilizarán exclusivamente betunes asfálticos modificados con polímeros.

Para mezclas bituminosas drenantes, además de los betunes modificados indicados en la tabla 542.1.A, se podrá emplear el tipo BM-3a, para las categorías de tráfico pesado T00 a T1.

En el caso de utilizar betunes con adiciones no incluidos en los artículos 211 ó 215 de este Pliego, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras establecerá el tipo de adición y las especificaciones que deberán cumplir, tanto el ligante como las mezclas bituminosas resultantes. La dosificación y el método de dispersión de la adición deberán ser aprobados por el Director de las Obras.

En el caso de incorporación de productos (fibras, materiales elastoméricos, etc.) como modificadores de la reología de la mezcla, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su

defecto, el Director de las Obras determinará su proporción, así como la del ligante utilizado, de tal manera que se garantice un comportamiento en mezcla semejante al que se obtuviera de emplear un ligante bituminoso de los especificados en el artículo 215 de este Pliego.

Según lo dispuesto en el apartado 2.3.f) del Plan Nacional de neumáticos fuera de uso, aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de 5 de octubre de 2001, en las obras en las que la utilización del producto resultante de la trituración de los neumáticos usados sea técnica y económicamente viable se dará prioridad a estos materiales.

## 542.2.2. Áridos

### 542.2.2.1. Características generales

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas en caliente podrán ser naturales o artificiales siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo.

En cumplimiento del Acuerdo de Consejo de Ministros de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006, podrán emplearse como áridos, el material procedente del reciclado de mezclas bituminosas en caliente en proporciones inferiores al diez por ciento (10%) de la masa total de mezcla.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío.

Antes de pasar por el secador de la central de fabricación, el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, del árido obtenido combinando las distintas fracciones de los áridos (incluido el polvo mineral) según las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, deberá ser superior a cincuenta (50). De no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez (10) y, simultáneamente, el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, deberá ser superior a cuarenta (40).

Los áridos no serán susceptibles de ningún

tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes solubles de los áridos de cualquier tipo, naturales, artificiales o procedentes del reciclado de mezclas bituminosas, que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medioambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades se empleará la NLT-326.

El árido procedente del reciclado de mezclas bituminosas se obtendrá de la disgregación por fresado o trituración de capas de mezcla bituminosa. En ningún caso se admitirán áridos procedentes del reciclado de mezclas bituminosas que presenten deformaciones plásticas (roderas). Se determinará la granulometría del árido recuperado, según la UNE-EN 12697-2, que se empleará en el estudio de la fórmula de trabajo. El tamaño máximo de las partículas vendrá fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, debiendo pasar la totalidad por el tamiz 40 mm de la UNE-EN 933-2.

El árido obtenido del reciclado de mezclas bituminosas, cumplirá las especificaciones de los apartados 542.2.2.2, 542.2.2.3 ó 542.2.2.4, en función de su granulometría obtenida según la UNE-EN 12697-2.

### 542.2.2.2. Árido grueso

#### 542.2.2.2.1. Definición del árido grueso

Se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.

#### 542.2.2.2.2. Angulosidad del árido grueso (partículas trituradas)

La proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5, deberá cumplir lo fijado en la tabla 542.2.

**Tabla 542.2**  
**Proporción de partículas trituradas del árido grueso (% en masa)**

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y arcenes	T4
Rodadura	100		100	≥ 90	≥ 75
Intermedia	100		≥ 90	≥ 90	≥ 75*
Base	100	≥ 90		≥ 75	

\* En vías de servicio.

**Tabla 542.3**  
**Índice de lajas del árido grueso**

Tipo de mezcla	Categoría de tráfico pesado				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y arcenes	T4
Densa, semidensa y gruesa	≤ 20	≤ 25	≤ 30		≤ 35
Drenante	≤ 20	≤ 25		≤ 25	

**Tabla 542.4**  
**Coefficiente de desgaste Los Ángeles del árido grueso**

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado				
	T00 y T0	T1 y T2	T3 y arcenes	T4	
Rodadura drenante	≤ 15	≤ 20	≤ 25		
Rodadura convencional	≤ 20	≤ 25	≤ 25	≤ 25	
Intermedia	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25*	
Base	≤ 25	≤ 30			

\* En vías de servicio.

#### 542.2.2.2.3. Forma del árido grueso (índice de lajas)

El índice de lajas de las distintas fracciones del árido grueso, según la UNE-EN 933-3, deberá cumplir lo fijado en la tabla 542.3.

#### 542.2.2.2.4. Resistencia a la fragmentación del árido grueso (coeficiente de desgaste Los Ángeles)

El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso,

según la UNE-EN 1097-2, deberá cumplir lo fijado en la tabla 542.4.

#### 542.2.2.2.5. Resistencia al pulimento del árido grueso para capas de rodadura (coeficiente de pulimento acelerado)

El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso a emplear en capas de rodadura, según el anexo D de la UNE 146130, deberá cumplir lo fijado en la tabla 542.5.

**Tabla 542.5**  
**Coefficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura**

Categoría de tráfico pesado				
T00	T0 y T1	T2	T3, T4 y arcenes	
≥ 0,55	≥ 0,50	≥ 0,45	≥ 0,40	

### 542.2.2.2.6. Limpieza del árido grueso (contenido de impurezas)

El árido grueso deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

El contenido de impurezas, según el anexo C de la UNE 146130, del árido grueso deberá ser inferior al cinco por mil (0,5%) en masa; en caso contrario, el Director de las Obras podrá exigir su limpieza por lavado, aspiración u otros métodos por él aprobados y una nueva comprobación.

### 542.2.2.3. Árido fino

#### 542.2.2.3.1. Definición del árido fino

Se define como árido fino a la parte del árido total cernida por el tamiz 2 mm y retenida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

#### 542.2.2.3.2. Procedencia del árido fino

El árido fino deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o grava natural en su totalidad, o en parte de yacimientos naturales.

La proporción de árido fino no triturado a emplear en la mezcla deberá cumplir lo fijado en la tabla 542.6.

#### 542.2.2.3.3. Limpieza del árido fino

El árido fino deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga y otras materias extrañas.

### 542.2.2.3.4. Resistencia a la fragmentación del árido fino

El material que se triture para obtener árido fino deberá cumplir las condiciones exigidas al árido grueso en el apartado 542.2.2.4 sobre coeficiente de Los Ángeles.

Se podrá emplear árido fino de otra naturaleza que mejore alguna característica, en especial la adhesividad, pero en cualquier caso procederá de árido grueso con coeficiente de Los Ángeles inferior a veinticinco (25) para capas de rodadura e intermedias y a treinta (30) para capas de base.

### 542.2.2.4. Polvo mineral

#### 542.2.2.4.1. Definición del polvo mineral

Se define como polvo mineral a la parte del árido total cernida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

#### 542.2.2.4.2. Procedencia del polvo mineral

El polvo mineral podrá proceder de los áridos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la central de fabricación, o aportarse a la mezcla por separado de aquellos como un producto comercial o especialmente preparado.

La proporción del polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deberá cumplir lo fijado en la tabla 542.7.

El polvo mineral que quede inevitablemente adherido a los áridos tras su paso por el secador en ningún caso podrá rebasar el dos por ciento (2%) de la masa de la mezcla. Sólo si se asegurase que el polvo mineral procedente de los áridos cumple las condiciones exigidas al de aportación, podrá el Director de las Obras rebajar la proporción mínima de éste.

**Tabla 542.6**  
Proporción de árido fino no triturado\* a emplear en la mezcla  
(% en masa del total de áridos, incluido el polvo mineral)

Categoría de tráfico pesado		
T00, T0 y T1	T2**	T3, T4 y arcenes
0	≤ 10	≤ 20

\* El porcentaje de árido fino no triturado no deberá superar el del árido fino triturado.

\*\* Excepto en capas de rodadura, cuyo valor será cero.

**Tabla 542.7**  
**Proporción de polvo mineral de aportación**  
 (% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y arcenes	T4
Rodadura		100		≥ 50	—
Intermedia	100			≥ 50	—
Base	100	≥ 50		—	

#### 542.2.2.4.3. Finura y actividad del polvo mineral

La densidad aparente del polvo mineral, según la NLT-176, deberá estar comprendida entre cinco y ocho decigramos por centímetro cúbico (0,5 a 0,8 g/cm<sup>3</sup>).

#### 542.2.3. Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará los aditivos que pueden utilizarse, estableciendo las especificaciones que tendrán que cumplir tanto el aditivo como las mezclas bituminosas resultantes. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

#### 542.3. Tipo y composición de la mezcla

La granulometría del árido obtenido combinando las distintas fracciones de los áridos (incluido el polvo mineral), según la unidad de obra o empleo, deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos fijados en la tabla 542.8. El análisis granulométrico se hará según la UNE-EN 933-1.

El tipo de mezcla bituminosa en caliente a emplear en función del tipo y del espesor de la capa del firme, se definirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, según la tabla 542.9.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la dotación mínima de ligante hidrocarbonado de la mezcla bituminosa en caliente que, en cualquier caso, deberá cumplir lo indi-

**Tabla 542.8**  
**Husos granulométricos. Cernido acumulado (% en masa)**

Tipo de mezcla		Tamaño de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)										
		40	25	20	12,5	8	4	2	0,500	0,250	0,125	0,063
Densa	D12	—	—	100	80-95	64-79	44-59	31-46	16-27	11-20	6-12	4-8
	D20	—	100	80-95	65-80	55-70	44-59	31-46	16-27	11-20	6-12	4-8
Semidensa	S12	—	—	100	80-95	60-75	35-50	24-38	11-21	7-15	5-10	3-7
	S20	—	100	80-95	64-79	50-66	35-50	24-38	11-21	7-15	5-10	3-7
	S25	100	80-95	73-88	59-74	48-63	35-50	24-38	11-21	7-15	5-10	3-7
Gruesa	G20	—	100	75-95	55-75	40-60	25-42	18-32	7-18	4-12	3-8	2-5
	G25	100	75-95	65-85	47-67	35-54	25-42	18-32	7-18	4-12	3-8	2-5
Drenante	PA12	—	—	100	70-100	38-62	13-27	9-20	5-12	—	—	3-6

— Para la formulación de mezclas bituminosas en caliente de alto módulo (MAM) se empleará el huso S20 con las siguientes modificaciones, respecto a dicho huso granulométrico: tamiz 0,250: 8-15; tamiz 0,125: 7-12 y tamiz 0,063: 6-9.

— La designación del tipo de mezcla se hace en función del tamaño máximo nominal del árido, que se define como la abertura del primer tamiz que retiene más de un 10% de masa.

**Tabla 542.9**  
**Tipo de mezcla a utilizar en función del tipo y espesor de la capa**

Tipo de capa	Espesor (cm)	Tipo de mezcla
Rodadura	4-5	D12; S12; PA12
	> 5	D20; S20
Intermedia	5-10	D20; S20; S25
Base	7-15	S25; G20; G25; MAM**
Arcenes*	4-6	D12

\* En el caso de que no se emplee el mismo tipo de mezcla que en la capa de rodadura de la calzada.

\*\* Espesor máximo de trece centímetros (13 cm).

cado en la tabla 542.10, según el tipo de mezcla o de capa.

Salvo justificación en contrario, la relación ponderal recomendable entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado de las mezclas densas, semidensas y gruesas, en función de la categoría de tráfico pesado y de la zona térmica estival se fijará de acuerdo con las indicadas en la tabla 542.11.

En las mezclas bituminosas en caliente de alto módulo la relación ponderal recomendable entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado, salvo justificación en contrario, estará comprendida entre uno coma tres y uno coma cinco (1,3 a 1,5).

#### 542.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

##### 542.4.1. Central de fabricación

Las mezclas bituminosas en caliente se fabricarán por medio de centrales de mezcla continua

**Tabla 542.10**  
**Dotación mínima\* de ligante hidrocarbonado**  
**(% en masa sobre el total del árido seco, incluido el polvo mineral)**

Tipo de capa	Tipo de mezcla	Dotación mínima (%)
Rodadura	Drenante	4,5
	Densa y semidensa	4,75
Intermedia	Densa, semidensa y gruesa	4,0
	Alto módulo	5,2
Base	Semidensa y gruesa	3,5
	Alto módulo	5,2

\* Incluidas las tolerancias especificadas en el apartado 542.9.3.1. Se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos, si son necesarias.

**Tabla 542.11**  
**Relación recomendable de polvo mineral-ligante en mezclas bituminosas tipo densas, semidensas y gruesas para las categorías de tráfico pesado T00 a T2**

Tipo de capa	Zona térmica estival	
	Cálida y media	Templada
Rodadura	1,3	1,2
Intermedia	1,2	1,1
Base	1,1	1,0

o discontinua, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará la producción horaria mínima de la central, en función de las características de la obra.

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del ligante hidrocarbonado deberá poder permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo, de forma que se garantice que no se producen sobrecalentamientos localizados y que no se sobrepasan las temperaturas máximas admisibles de dicho producto. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc. deberán estar provistas de calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del ligante a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros, especialmente en la boca de salida al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de dispositivos para tomar muestras y para comprobar la calibración del dosificador.

Las tolvas para áridos en frío deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y cuya separación sea efectiva para evitar intercontaminaciones; su número mínimo será función del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero en todo caso no será inferior a cuatro (4). Estas tolvas deberán asimismo estar provistas de dispositivos ajustables de dosificación a su salida, que puedan ser mantenidos en cualquier ajuste.

En centrales de mezcla continua con tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación deberá ser ponderal, al menos para la arena y para el conjunto de los áridos; y deberá tener en cuenta la humedad de éstos, para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de central para la fabricación de mezclas para las categorías de tráfico pesado T00 a T1 también será preceptivo disponer de sistemas ponderales de dosificación en frío.

La central deberá estar provista de un secador que permita calentar los áridos a la temperatura fijada en la fórmula de trabajo, extrayendo de ellos una proporción de polvo mineral tal, que su dosificación se atenga a la fórmula de trabajo. El sistema extractor deberá evitar la emisión de polvo mineral a la atmósfera y el vertido de lodos a cauces, de acuerdo con la legislación ambiental y de seguridad y salud vigente.

La central deberá tener sistemas separados de almacenamiento y dosificación del polvo mine-

ral recuperado y de aportación, los cuales deberán ser independientes de los correspondientes al resto de los áridos, y estar protegidos de la humedad.

Las centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador deberán estar provistas de un sistema de clasificación de los áridos en caliente —de capacidad acorde con su producción— en un número de fracciones no inferior a tres (3), y de silos para almacenarlos. Estos silos deberán tener paredes resistentes, estancas y de altura suficiente para evitar intercontaminaciones, con un rebosadero para evitar que un exceso de contenido se vierta en los contiguos o afecte al funcionamiento del sistema de dosificación. Un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, deberá avisarle cuando el nivel del silo baje del que proporcione el caudal calibrado. Cada silo permitirá tomar muestras de su contenido, y su compuerta de descarga deberá ser estanca y de accionamiento rápido. La central deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los áridos, con sensores a la salida del secador y, en su caso, en cada silo de áridos en caliente.

Las centrales de mezcla discontinua deberán estar provistas en cualquier circunstancia de dosificadores ponderales independientes: al menos uno (1) para los áridos calientes, cuya precisión sea superior al medio por ciento ( $\pm 0,5\%$ ), y al menos uno (1) para el polvo mineral y uno (1) para el ligante hidrocarbonado, cuya precisión sea superior al tres por mil ( $\pm 0,3\%$ ).

El ligante hidrocarbonado se distribuirá uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no permitirán fugas ni goteos. El sistema dosificador del ligante hidrocarbonado deberá poder calibrarse a la temperatura y presión de trabajo; en centrales de mezcla continua, deberá estar sincronizado con la alimentación de los áridos y la del polvo mineral. En centrales de mezcla continua con tambor secador-mezclador, se garantizará la difusión homogénea del ligante hidrocarbonado y que ésta se realice de forma que no exista riesgo de contacto con la llama, ni de someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

Si se previera la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con precisión suficiente, a juicio del Director de las Obras.

Si la central estuviera dotada de tolvas de almacenamiento de las mezclas fabricadas, sus capacidades deberán garantizar el flujo normal de los elementos de transporte, así como que en las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes a la fabri-



cación el material acopiado no ha perdido ninguna de sus características, en especial la homogeneidad del conjunto y las propiedades del ligante.

Cuando se vayan a emplear áridos procedentes del reciclado de mezclas bituminosas, la central de fabricación deberá disponer de los elementos necesarios para que se cumplan los requisitos y especificaciones recogidas en el apartado 542.5.4.

#### 542.4.2. Elementos de transporte

Consistirán en camiones de caja lisa y estanca, perfectamente limpia y que se tratará, para evitar que la mezcla bituminosa se adhiera a ella, con un producto cuya composición y dotación deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

La forma y altura de la caja deberá ser tal que, durante el vertido en la extendedora, el camión sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos al efecto.

Los camiones deberán siempre estar provistos de una lona o cobertor adecuado para proteger la mezcla bituminosa en caliente durante su transporte.

#### 542.4.3. Extendedoras

Las extendedoras serán autopropulsadas, y estarán dotadas de los dispositivos necesarios para extender la mezcla bituminosa en caliente con la geometría y producción deseadas y un mínimo de precompactación, que será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. La capacidad de la tolva, así como la potencia, serán adecuadas para el tipo de trabajo que deban desarrollar.

La extendedora deberá estar dotada de un dispositivo automático de nivelación, y de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal.

Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste, u otras causas.

La anchura mínima y máxima de extensión se definirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras. Si a la extendedora se acoplaran piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las orinales.

#### 542.4.4. Equipo de compactación

Se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibrantes, de neumáticos o mixtos. La composición mínima del equipo será un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixto, y un (1) compactador de neumáticos; para mezclas bituminosas drenantes este último se sustituirá por un (1) compactador de rodillos metálicos tándem, no vibratorio.

Todos los tipos de compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores de sentido de marcha de acción suave, y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores de llantas metálicas no presentarán surcos ni irregularidades en ellas. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración, al invertir el sentido de su marcha. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras, y faldones de lona protectores contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos tipos de compactadores serán aprobadas por el Director de las Obras, y serán las necesarias para conseguir una compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, sin producir roturas del árido, ni arrollamientos de la mezcla a la temperatura de compactación.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretenda realizar y siempre deberán ser autorizados por el Director de las Obras.

#### 542.5. Ejecución de las obras

##### 542.5.1. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La fabricación y puesta en obra de la mezcla no se iniciará hasta que se haya aprobado por el Director de las Obras la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación.

Dicha fórmula fijará como mínimo las siguientes características:

- La identificación y proporción de cada fracción del árido en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente.
- La granulometría de los áridos combinados, incluido el polvo mineral, por los tamices 40 mm; 25 mm; 20 mm; 12,5 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 0,500 mm; 0,250 mm; 0,125 mm y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.
- Tipo y características del ligante hidrocarbonado.
- La dosificación de ligante hidrocarbonado y, en su caso, la de polvo mineral de aportación, referida a la masa del total de áridos (incluido dicho polvo mineral), y la de aditivos, referida a la masa del ligante hidrocarbonado.
- En su caso, el tipo y dotación de las adiciones, referida a la masa total del árido combinado.
- La densidad mínima a alcanzar.

También se señalarán:

- Los tiempos a exigir para la mezcla de los áridos en seco y para la mezcla de los áridos con el ligante.
- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de áridos y ligante. En ningún caso se introducirá en el mezclador árido a una temperatura superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15 °C).
- La temperatura de mezclado con betunes asfálticos se fijará dentro del rango correspondiente a una viscosidad del betún de ciento cincuenta a trescientos centistokes (150-300 cSt). Además en el caso de betunes modificados con polímeros en la temperatura de mezclado se tendrá en cuenta el rango recomendado por el fabricante, de acuerdo a lo indicado en el artículo 215 de este Pliego.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte.
- La temperatura mínima de la mezcla al iniciar y terminar la compactación.

La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será superior a ciento ochenta grados Celsius (180 °C), salvo en centrales de tambor secador-mezclador, en las que no exce-

derá de los ciento sesenta y cinco grados Celsius (165 °C). Para mezclas bituminosas de alto módulo dicha temperatura máxima podrá aumentarse en diez grados Celsius (10 °C). Para las mezclas drenantes dicha temperatura máxima deberá disminuirse en diez grados Celsius (10 °C), para evitar posibles escurrimientos del ligante. En todos los casos, la temperatura mínima de la mezcla al salir del mezclador será aprobada por el Director de las Obras de forma que la temperatura de la mezcla en la descarga de los camiones sea superior al mínimo fijado.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la dosificación de ligante hidrocarbonado teniendo en cuenta los materiales disponibles, la experiencia obtenida en casos análogos y siguiendo los criterios siguientes:

- En mezclas densas, semidensas, gruesas y de alto módulo:
  - El análisis de huecos y la resistencia a la deformación plástica empleando el método Marshall, según la NLT-159, y para capas de rodadura o intermedia mediante la pista de ensayo de laboratorio, según la NLT-173.
  - Se aplicarán los criterios indicados en las tablas 542.12 y 542.13, y para mezclas de alto módulo, además, el valor del módulo dinámico a veinte grados Celsius (20 °C), según la norma NLT-349, no será inferior a once mil megapascals (11.000 MPa).
- En mezclas drenantes:
  - Los huecos de la mezcla, determinados midiendo con un calibre las dimensiones de probetas preparadas según la NLT-352, no deberán ser inferiores al veinte por ciento (20%), y
  - La pérdida por desgaste a veinticinco grados Celsius (25 °C), según la NLT-352, no deberá rebasar el veinte por ciento (20%) en masa, para las categorías de tráfico pesado T00 a T1 y el veinticinco por ciento (25%) en masa en los demás casos.

Para todo tipo de mezcla, en el caso de categorías de tráfico pesado T00, T0 y T1, se comprobará asimismo la sensibilidad de las propiedades de la mezcla a variaciones de granulometría y do-

**Tabla 542.12**  
**Crterios de dosificaci3n empleando el aparato Marshall (75 golpes por cara)**

Característica		Categoría de tráfico pesado			
		T00 y T0	T1 y T2	T3 y arcenes	T4
Estabilidad (kN)		> 15	> 12,5	> 10	8-12
Deformaci3n (mm)		2-3		2-3,5	2,5-3,5
Huecos en mezcla (%)	Capa de rodadura		4-6		3-5
	Capa intermedia	4-6	5-8*	4-8	4-8**
	Capa de base	5-8*	6-9*	5-9	
Huecos en áridos (%)	Mezclas -12			≥ 15	
	Mezclas -20 y -25			≥ 14	

\* En las mezclas bituminosas de alto módulo: 4-6.

\*\* En vías de servicio.

**Tabla 542.13**  
**Máxima velocidad de deformaci3n ( $\mu\text{m}/\text{min}$ ) en el intervalo de 105 a 120 minutos (NLT-173)\***

Zona térmica estival	Categoría de tráfico pesado				
	T00 y T0	T1	T2	T3 y arcenes	T4
Cálida	12	15		20	—
Media	15			20	—
Templada	15	20			—

\* En mezclas bituminosas de alto módulo para las categorías de tráfico pesado T00 a T1 la máxima velocidad de deformaci3n será de 12 en zona térmica estival cálida y media y de 15 en el resto de los casos.

sificaci3n de ligante hidrocarbonado que no excedan de las admitidas en el apartado 542.9.3.1.

En cualquier circunstancia se comprobará la adhesividad árido-ligante mediante la caracterizaci3n de la acci3n del agua. Para ello, en mezclas densas, semidensas, gruesas y de alto módulo, la p3rdida de resistencia en el ensayo de inmersi3n-compresi3n, seg3n la NLT-162, no rebasará el veinticinco por ciento (25%); y, en mezclas drenantes, la p3rdida por abrasi3n en el ensayo cántabro, seg3n la NLT-352, tras ser sometidas a un proceso de inmersi3n en agua durante veinticuatro horas (24 h) a sesenta grados Celsius (60 °C) no rebasará el treinta y cinco por ciento (35%) para las categorías de tráfico pesado T00 a T1, y el cuarenta por ciento (40%) para las categorías de tráfico pesado T2 y T3.

Se podrá mejorar la adhesividad entre el árido y el ligante hidrocarbonado mediante activantes o cualquier otro producto sancionado por la experiencia. En tales casos, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras establecerá las especificaciones que tendrán que cumplir dichos aditivos y las mezclas resultantes.

En todo caso, la dotaci3n mínima de ligante

hidrocarbonado no será inferior a lo indicado en la tabla 542.10.

Para capas de rodadura, la fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa en caliente deberá asegurar el cumplimiento de las características de la unidad terminada en lo referente a la macrotextura superficial y a la resistencia al deslizamiento, seg3n lo indicado en el apartado 542.7.4.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá corregir la fórmula de trabajo con objeto de mejorar la calidad de la mezcla, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. Se estudiará y aprobará una nueva fórmula si varía la procedencia de alguno de los componentes, o si durante la producci3n se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo.

### 542.5.2. Preparaci3n de la superficie existente

Se comprobará la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender la mezcla bituminosa en caliente. El Pliego

de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras, indicará las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable y, en su caso, a reparar zonas dañadas.

Si la superficie estuviese constituida por un pavimento hidrocarbonado, deberá cumplir lo indicado en las tablas 542.14 ó 542.15; si dicho pavimento fuera heterogéneo se deberán, además, eliminar mediante fresado los excesos de ligante y sellar las zonas demasiado permeables, según las instrucciones del Director de las Obras.

Se comprobará especialmente que transcurrido el plazo de rotura del ligante de los tratamientos aplicados, no quedan restos de agua en la superficie; asimismo, si ha transcurrido mucho tiempo desde su aplicación, se comprobará que su capacidad de unión con la mezcla bituminosa no ha disminuido en forma perjudicial; en caso contrario, el Director de las Obras podrá ordenar la ejecución de un riego de adherencia adicional.

### 542.5.3. *Aprovisionamiento de áridos*

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción será suficientemente homogénea y se podrá acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Para mezclas tipo 12 el número mínimo de fracciones será de tres (3). Para el resto de las mezclas el número mínimo de fracciones será de cuatro (4). El Director de las Obras podrá exigir un mayor número de fracciones, si lo estima necesario para cumplir las tolerancias exigidas a la granulometría de la mezcla en el apartado 542.9.3.1.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores, a no ser que se pavimenten. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma

medida se aplicará cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un árido.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no será inferior al correspondiente a un mes de trabajo con la producción prevista.

### 542.5.4. *Fabricación de la mezcla*

La carga de cada una de las tolvas de áridos en frío se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por cien (50 a 100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. Para mezclas densas y semidensas la alimentación del árido fino, aun cuando éste fuera de un único tipo y granulometría, se efectuará dividiendo la carga entre dos (2) tolvas.

Los dosificadores de áridos en frío se regularán de forma que se obtenga la granulometría de la fórmula de trabajo; su caudal se ajustará a la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, lo que vendrá indicado por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea; la extracción por los colectores deberá regularse de forma que la cantidad y la granulometría del polvo mineral recuperado sean ambas uniformes.

En centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador, los áridos calentados y, en su caso, clasificados, se pesarán y se transportarán al mezclador. Si la alimentación de éste fuera discontinua, después de haber introducido los áridos y el polvo mineral se agregará automáticamente el ligante hidrocarbonado para cada amasada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado en la fórmula de trabajo.

Si se utilizasen áridos procedentes del reciclado de mezclas bituminosas, en centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador, si la alimentación de éste fuera discontinua, después de haber introducido los áridos, se pesarán e introducirán los áridos procedentes del reciclado de mezclas bituminosas junto al polvo mineral, y después de

un tiempo de disgregación, calentado y mezcla, se agregará el ligante hidrocarbonado, y en su caso los aditivos, para cada amasijo, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado en la fórmula de trabajo. Si la alimentación fuese continua, los áridos procedentes del reciclado de mezclas bituminosas se incorporarán al resto de los áridos en la zona de pesaje en caliente a la salida del secador.

En centrales de mezcla continua con tambor secador-mezclador se aportarán los áridos procedentes del reciclado de mezclas bituminosas tras la llama de forma que no exista riesgo de contacto con ella.

En los mezcladores de las centrales que no sean de tambor secador-mezclador, se limitará el volumen del material, en general hasta dos tercios (2/3) de la altura máxima que alcancen las paletas, de forma que para los tiempos de mezclado establecidos en la fórmula de trabajo se alcance una envuelta completa y uniforme.

A la descarga del mezclador todos los tamaños del árido deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excederá de la fijada en la fórmula de trabajo.

En el caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación, la distribución homogénea, así como que no pierda sus características iniciales durante todo el proceso de fabricación.

#### 542.5.5. *Transporte de la mezcla*

La mezcla bituminosa en caliente se transportará de la central de fabricación a la extendidora, en camiones. Para evitar su enfriamiento superficial, deberá protegerse durante el transporte mediante lonas u otros cobertores adecuados. En el momento de descargarla en la extendidora, su temperatura no podrá ser inferior a la especificada en la fórmula de trabajo.

#### 542.5.6. *Extensión de la mezcla*

A menos que el Director de las Obras ordene otra cosa, la extensión comenzará por el borde

inferior, y se realizará por franjas longitudinales. La anchura de estas franjas se fijará de manera que se realice el menor número de juntas posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características de la extendidora y la producción de la central.

En obras sin mantenimiento de la circulación, para las categorías de tráfico pesado T00 a T1 o con superficies a extender en calzada superiores a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), se realizará la extensión de cualquier capa bituminosa a ancho completo, trabajando si fuera necesario con dos (2) o más extendedoras ligeramente desfasadas, evitando juntas longitudinales. En los demás casos, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre aún caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

En capas de rodadura con mezclas bituminosas drenantes se evitarán siempre las juntas longitudinales. Únicamente para las categorías de tráfico pesado T2 y T3 o pavimentación de carreteras en las que no sea posible cortar el tráfico, dichas juntas deberán coincidir en una limatesa del pavimento.

La extendidora se regulará de forma que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos, con las tolerancias establecidas en el apartado 542.7.2.

La extensión se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la extendidora a la producción de la central de fabricación de modo que aquella no se detenga. En caso de detención, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender, en la tolva de la extendidora y debajo de ésta, no baje de la prescrita en la fórmula de trabajo para el inicio de la compactación; de lo contrario, se ejecutará una junta transversal.

Donde resulte imposible, a juicio del Director de las Obras, el empleo de máquinas extendedoras, la mezcla bituminosa en caliente se podrá poner en obra por otros procedimientos aprobados por aquél. Para ello se descargará fuera de la zona en que se vaya a extender, y se distribuirá en una capa uniforme y de un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los



Planos, con las tolerancias establecidas en el apartado 542.7.2.

#### 542.5.7. Compactación de la mezcla

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras en función de los resultados del tramo de prueba; se deberá hacer a la mayor temperatura posible, sin rebasar la máxima prescrita en la fórmula de trabajo y sin que se produzca desplazamiento de la mezcla extendida; y se continuará mientras la temperatura de la mezcla no baje de la mínima prescrita en la fórmula de trabajo y la mezcla se halle en condiciones de ser compactada, hasta que se alcance la densidad especificada en el apartado 542.7.1.

La compactación se realizará longitudinalmente, de manera continua y sistemática. Si la extensión de la mezcla bituminosa se realizara por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano a la extendidora; los cambios de dirección se realizarán sobre mezcla ya apisonada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

#### 542.5.8. Juntas transversales y longitudinales

Siempre que sean inevitables, se procurará que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) las transversales, y quince centímetros (15 cm) las longitudinales.

Al extender franjas longitudinales contiguas, si la temperatura de la extendida en primer lugar no fuera superior al mínimo fijado en la fórmula de trabajo para terminar la compactación, el borde de esta franja se cortará verticalmente, dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor. Salvo en mezclas drenantes, se le aplicará una capa uniforme y ligera de riego de adherencia, según el artículo 531 de este Pliego, dejando romper la emulsión suficientemente. A continuación, se calentará la

junta y se extenderá la siguiente franja contra ella.

Las juntas transversales en capas de rodadura se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos precisos para los elementos de compactación.

#### 542.6. Tramo de prueba

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa en caliente será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo, la forma de actuación de los equipos de extensión y compactación, y, especialmente, el plan de compactación.

El tramo de prueba tendrá una longitud no inferior a la definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la obra en construcción.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso, se podrá iniciar la fabricación de la mezcla bituminosa. En el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación o sistemas de extensión, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, definirá su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos, o incorporar equipos suplementarios.

Asimismo, durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación del ligante hidrocarbonado y de la densidad *in situ* establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas, y otros métodos rápidos de control. En el caso de las mezclas drenantes se analizará, además, la correspondencia entre el contenido de huecos en mezcla y la permeabilidad de la capa según la NLT-327.

No se podrá proceder a la producción sin que el Director de las Obras haya autorizado el inicio en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba.

## 542.7. Especificaciones de la unidad terminada

### 542.7.1. Densidad

Obtenida la densidad de referencia, aplicando la compactación prevista en la NLT-159 a una mezcla bituminosa con granulometría y dosificación medias del lote definido en el apartado 542.9.4, en mezclas bituminosas densas, semi-densas y gruesas, la densidad no deberá ser inferior al siguiente porcentaje de la densidad de referencia:

- Capas de espesor igual o superior a seis centímetros ( $\geq 6$  cm): noventa y ocho por ciento (98%).
- Capas de espesor no superior a seis centímetros ( $< 6$  cm): noventa y siete por ciento (97%).

En mezclas drenantes, los huecos de la mezcla no podrán diferir en más de dos ( $\pm 2$ ) puntos porcentuales de los obtenidos aplicando, a la granulometría y dosificación medias del lote definido en el apartado 542.9.4, la compactación prevista en la NLT-352.

### 542.7.2. Espesor y anchura

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en más de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura, ni de quince milímetros (15 mm) en las demás capas.

El espesor de una capa no deberá ser inferior al previsto para ella en la sección-tipo de los planos.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura extendida, que en ningún caso deberá ser inferior a la teórica deducida de la sección-tipo de los Planos de proyecto.

### 542.7.3. Regularidad superficial

El Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, deberá cumplir lo fijado en la tabla 542.14 ó 542.15.

### 542.7.4. Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

La superficie de la capa deberá presentar una textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones.

**Tabla 542.14**  
Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm) para firmes de nueva construcción

Porcentaje de kilómetros	Tipo de capa		
	Rodadura e intermedia		Otras capas bituminosas
	Tipo de vía		
	Calzadas de autopistas y autovías	Resto de vías	
50	< 1,5	< 1,5	< 2,0
80	< 1,8	< 2,0	< 2,5
100	< 2,0	< 2,5	< 3,0

**Tabla 542.15**  
Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm) para firmes rehabilitados estructuralmente

Porcentaje de kilómetros	Tipo de vía			
	Calzadas de autopistas y autovías		Resto de vías	
	Espesor de recrecimiento (cm)			
	> 10	$\leq 10$	> 10	$\leq 10$
50	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 2,0
80	< 1,8	< 2,0	< 2,0	< 2,5
100	< 2,0	< 2,5	< 2,5	< 3,0



Únicamente a efectos de recepción de capas de rodadura, la macrotextura superficial, según la NLT-335, y la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, no deberán ser inferiores a los valores indicados en la tabla 542.16.

## 542.8. Limitaciones de la ejecución

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas en caliente:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C), salvo si el espesor de la capa a extender fuera inferior a cinco centímetros (5 cm), en cuyo caso el límite será de ocho grados Celsius (8 °C). Con viento intenso, después de heladas, o en tableros de estructuras, el Director de las Obras podrá aumentar estos límites, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

Terminada su compactación, se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada, tan pronto como alcance la temperatura ambiente en todo su espesor.

## 542.9. Control de calidad

### 542.9.1. Control de procedencia de los materiales

#### 542.9.1.1. Control de procedencia del ligante hidrocarbonado

El ligante hidrocarbonado deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado

211.4 del artículo 211 de este Pliego o 215.4 del artículo 215 de este Pliego, según el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear.

#### 542.9.1.2. Control de procedencia de los áridos

Si con los áridos, a emplear en capas de rodadura o intermedia, se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo o documento acreditativo de la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad del árido, según lo indicado en el apartado 542.12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia de los áridos no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada fracción de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
- El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura, según el anexo D de la UNE 146130.
- La densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la UNE-EN 1097-6.
- La granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- El equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.

El Director de las Obras podrá ordenar la repetición de estos ensayos con nuevas muestras, y la realización de los siguientes ensayos adicionales:

Tabla 542.16

Macrotextura superficial (NLT-335) y resistencia al deslizamiento (NLT-336) de las mezclas para capas de rodadura

	Tipo de mezcla	
	Drenante	Resto
Macrotextura superficial* Valor mínimo (mm)	1,5	0,7
Resistencia al deslizamiento** CRT mínimo (%)	60	65

\* Medida antes de la puesta en servicio de la capa.

\*\* Medida una vez transcurridos dos meses de la puesta en servicio de la capa.

- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- Proporción de impurezas del árido grueso, según el anexo C de la UNE 146130.

El Director de las Obras comprobará, además:

- La retirada de la eventual montera en la extracción de los áridos.
- La exclusión de vetas no utilizables.
- La adecuación de los sistemas de trituración y clasificación.

### 542.9.1.3. Control de procedencia del polvo mineral de aportación

Si con el polvo mineral, a emplear en las mezclas bituminosas en caliente, se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo o documento acreditativo de la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad del polvo mineral, según lo indicado en el apartado 542.12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia del polvo mineral no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del polvo mineral de aportación, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y con ellas se determinará la densidad aparente, según la NLT-176.

## 542.9.2. Control de calidad de los materiales

### 542.9.2.1. Control de calidad de los ligantes hidrocarbonados

El ligante hidrocarbonado deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado 211.5 del artículo 211 de este Pliego o 215.5 del artículo 215 de este Pliego, según el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear.

### 542.9.2.2. Control de calidad de los áridos

Se examinará la descarga al acopio o alimentación de tolvas en frío, desechando los áridos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo. Se acopiarán, aparte, aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc.

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y los accesos.

Con cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

- Al menos dos (2) veces al día:
  - Análisis granulométrico de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
  - Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:
  - Índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
  - Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
  - Proporción de impurezas del árido grueso, según el anexo C de la UNE 146130.
- Al menos una (1) vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:
  - Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
  - Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura, según el anexo D de la UNE 146130.
  - Densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la UNE-EN 1097-6.

### 542.9.2.3. Control de calidad del polvo mineral de aportación

Sobre cada partida que se reciba se realizarán los siguientes ensayos:

- Al menos una (1) vez al día, o cuando cambie de procedencia:
  - Densidad aparente, según la NLT-176.

### 542.9.3. Control de ejecución

#### 542.9.3.1. Fabricación

Se tomará diariamente un mínimo de dos (2) muestras, según la UNE-EN 932-1, una por la mañana y otra por la tarde, de la mezcla de áridos en frío antes de su entrada en el secador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del árido combinado, según la UNE-EN 933-1.
- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9, del árido combinado.

En centrales de mezcla continua se calibrará diariamente el flujo de la cinta suministradora de áridos, deteniéndola cargada de áridos y recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida.

Las tolerancias admisibles, en más o en menos, respecto de la granulometría de la fórmula de trabajo serán las siguientes, referidas a la masa total de áridos (incluido el polvo mineral):

- Tamices superiores al 2 mm de la UNE-EN 933-2:  $\pm 3\%$
- Tamices comprendidos entre el 2 mm y el 0,063 mm de la UNE-EN 933-2:  $\pm 2\%$
- Tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2:  $\pm 1\%$

Se tomará diariamente al menos una (1) muestra de la mezcla de áridos en caliente, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1, que cumplirá las tolerancias indicadas en el párrafo anterior. Al menos semanalmente, se verificará la precisión de las básculas de dosificación, y el correcto funcionamiento de los indicadores de temperatura de los áridos y del ligante hidrocarbonado.

Se tomarán muestras a la descarga del mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- A la salida del mezclador o silo de almacenamiento, sobre cada elemento de transporte:
  - Control del aspecto de la mezcla, y medición de su temperatura. Se rechazarán todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma y aquéllas cuya envuelta no sea homogénea; en centrales cuyo tambor no sea a la vez mezclador, también las mezclas que presenten indicios de humedad; y en las demás centrales, las mezclas cuya humedad sea superior al uno por ciento (1%) en masa, del total. En estos casos de presencia de humedad excesiva, se retirarán los áridos de los correspondientes silos en caliente.
- Al menos (2) veces al día (mañana y tarde), y al menos una (1) vez por lote:
  - Dosificación de ligante, según la UNE-EN 12697-1.
  - Granulometría de los áridos extraídos, según la UNE-EN 12697-2.

Se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del apartado 542.9.4.

La tolerancia admisible, en más o en menos, respecto de la dotación de ligante hidrocarbonado de la fórmula de trabajo será del tres por mil ( $\pm 0,3\%$ ) en masa, del total de áridos (incluido el polvo mineral), sin bajar del mínimo especificado en el apartado 542.3 para el tipo de capa y de mezcla que se trate.

- Al menos una (1) vez al día, y al menos una (1) vez por lote:
  - En mezclas densas, semidensas y gruesas, análisis de huecos y resistencia a la deformación plástica empleando el aparato Marshall (serie de tres [3] probetas como mínimo), según la NLT-159. En mezclas de alto módulo, además de lo anterior, determinación del módulo dinámico a veinte grados Celsius (20 °C), según la norma NLT-349.
  - En mezclas drenantes, análisis de huecos (serie de tres [3] probetas como mínimo), según la NLT-168, y la pérdida por desgaste, según la NLT-352.

- Cuando se cambien el suministro o la procedencia:
  - En mezclas densas, semidensas, gruesas y de alto módulo, inmersión-compresión según la NLT-162.

### 542.9.3.2. Puesta en obra

#### 542.9.3.2.1. Extensión

Se medirá la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el apartado 542.8 de este Pliego.

Antes de verter la mezcla del elemento de transporte a la tolva de la extendidora, se comprobará su aspecto y se medirá su temperatura.

Se comprobará frecuentemente el espesor extendido, mediante un punzón graduado.

#### 542.9.3.2.2. Compactación

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y tipo de compactadores son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.
- El lastre, peso total y, en su caso, presión de inflado de los compactadores.
- La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

En mezclas drenantes, se comprobará con la frecuencia que sea precisa la permeabilidad de la capa durante su compactación, según la NLT-327.

Al terminar la compactación, se medirá la temperatura en la superficie de la capa.

### 542.9.4. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes a una (1) sola capa de mezcla bituminosa en caliente:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

Se extraerán testigos en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a cinco (5), y se determinarán su densidad y espesor, según la NLT-168.

Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 542.7.3. La comprobación de la regularidad superficial de toda la longitud de la obra, en capas de rodadura, tendrá lugar además antes de la recepción definitiva de las obras.

En capas de rodadura, se realizarán los ensayos siguientes, que deberán cumplir lo establecido en la tabla 542.16:

- Medida de la macrotextura superficial, según la NLT-335, antes de la puesta en servicio de la capa, en cinco (5) puntos del lote aleatoriamente elegidos de forma que haya al menos uno por hectómetro (1/hm).
- Determinación de la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, una vez transcurridos dos (2) meses de la puesta en servicio de la capa.

## 542.10. Criterios de aceptación o rechazo

### 542.10.1. Densidad

En mezclas densas, semidensas y gruesas, la densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el apartado 542.7.1; no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen de la prescrita en más de dos (2) puntos porcentuales.

En mezclas densas, semidensas y gruesas, si la densidad media obtenida es inferior a la especificada en el apartado 542.7.1, se procederá de la siguiente manera:

- Si la densidad media obtenida es inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la

densidad de referencia, se levantará la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado mediante fresado y se repondrá por cuenta del Contratista.

- Si la densidad media obtenida no es inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad de referencia, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado.

En mezclas drenantes, la media de los huecos de la mezcla no deberá diferir en más de dos (2) puntos porcentuales de los valores prescritos en el apartado 542.7.1; no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que difieran de los prescritos en más de tres (3) puntos porcentuales.

En mezclas drenantes, si la media de los huecos de la mezcla difiere de los valores especificados en el apartado 542.7.1, se procederá de la siguiente manera:

- Si la media de los huecos de la mezcla difiere en más de cuatro (4) puntos porcentuales, se levantará la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado mediante fresado y se repondrá por cuenta del Contratista.
- Si la media de los huecos de la mezcla difiere en menos de cuatro (4) puntos porcentuales, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado.

### 542.10.2. *Espesor*

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el apartado 542.7.2; no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen del especificado en más de un diez por ciento (10%).

Si el espesor medio obtenido en una capa fuera inferior al especificado en el apartado 542.7.2, se procederá de la siguiente manera:

- Para capas de base:
  - Si el espesor medio obtenido en una capa de base fuera inferior al ochenta por ciento (80%) del especificado en el

apartado 542.7.2, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta levantar la capa mediante fresado y reponerla o extender de nuevo otra capa sobre la rechazada si no existieran problemas de gálibo.

- Si el espesor medio obtenido en una capa de base fuera superior al ochenta por ciento (80%) del especificado en el apartado 542.7.2, y no existieran problemas de encharcamiento, se compensará la merma de la capa con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista.

- Para capas intermedias:

- Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia fuera inferior al noventa por ciento (90%) del especificado en el apartado 542.7.2, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta levantar la capa mediante fresado y reponerla o extender de nuevo otra capa sobre la rechazada si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.
- Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia fuera superior al noventa por ciento (90%) del especificado en el apartado 542.7.2, y no existieran problemas de encharcamiento, se aceptará la capa con una penalización económica del diez por ciento (10%).

- Para capas de rodadura:

- Si el espesor medio obtenido en una capa de rodadura fuera inferior al especificado en el apartado 542.7.2, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta levantar la capa mediante fresado y reponerla o, en el caso de capas de rodadura de mezclas bituminosas convencionales, extender de nuevo otra capa sobre la rechazada si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

### 542.10.3. *Regularidad superficial*

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites estable-

cidos en el apartado 542.7.3, se procederá de la siguiente manera:

- Para capas de rodadura drenante:
  - Se demolerá el lote, se retirará a vertedero y se extenderá una nueva capa por cuenta del Contratista.
- Para el resto de los casos:
  - Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 542.7.3 en más del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se extenderá una nueva capa de mezcla bituminosa con el espesor que determine el Director de las Obras por cuenta del Contratista.
  - Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 542.7.3 en menos del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se corregirán los defectos de regularidad superficial mediante fresado por cuenta del Contratista.

#### 542.10.4. *Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento*

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial no deberá resultar inferior al valor previsto en la tabla 542.16. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más del veinticinco por ciento (25%) del mismo.

Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al valor previsto en la tabla 542.16, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 542.16, se extenderá una nueva capa de rodadura por cuenta del Contratista. En el caso de capas de rodadura con mezclas drenantes se demolerá

el lote, se retirará a vertedero y se repondrá la capa por cuenta del Contratista.

- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 542.16, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor previsto en la tabla 542.16. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más de cinco unidades (5).

Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al valor previsto en la tabla 542.16, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 542.16, se extenderá una nueva capa de rodadura por cuenta del Contratista. En el caso de capas de rodadura con mezclas drenantes se demolerá el lote, se retirará a vertedero y se repondrá la capa por cuenta del Contratista.
- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 542.16, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

#### 542.11. *Medición y abono*

Únicamente cuando la capa de asiento no fuera construida bajo el mismo Contrato, se podrá abonar la comprobación y, en su caso, reparación de la superficie existente, por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados.

La preparación de la superficie existente no es objeto de abono ni está incluida en esta unidad de obra. El riego de adherencia se abonará según lo prescrito en el artículo 531 de este Pliego.

La fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas en caliente se abonará por toneladas (t), según su tipo, medidas multiplicando las anchuras señaladas para cada capa en los Planos,



por los espesores medios y densidades medias deducidas de los ensayos de control de cada lote. En dicho abono se considerará incluido el de los áridos, incluido el procedente de reciclado de mezclas bituminosas, si los hubiere, y el del polvo mineral. No serán de abono las creces laterales, ni los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes.

El ligante hidrocarbonado empleado en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente se abonará por toneladas (t), obtenidas multiplicando la medición abonable de fabricación y puesta en obra, por la dotación media de ligante deducida de los ensayos de control de cada lote. En ningún caso será de abono el empleo de activantes o aditivos, así como tampoco el ligante residual del material reciclado de mezclas bituminosas, si lo hubiere.

El polvo mineral de aportación y las adiciones, sólo se abonarán si lo previera explícitamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y el Cuadro de Precios del Proyecto. Su abono se hará por toneladas (t), obtenidas multiplicando la medición abonable de fabricación y puesta en obra de cada lote, por la dotación media.

## 542.12. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o

ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

NLT-159 Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.

NLT-162 Efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas bituminosas compactadas (ensayo de inmersión-compresión).

NLT-168 Densidad y huecos en mezclas bituminosas compactadas.

NLT-173 Resistencia a la deformación plástica de las mezclas bituminosas mediante la pista de ensayo de laboratorio.

NLT-176 Densidad aparente del polvo mineral en tolueno.

NLT-326 Ensayo de lixiviación en materiales para carreteras (Método del tanque).

NLT-327 Permeabilidad in situ de pavimentos drenantes con el permeámetro LCS.

NLT-330 Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.

NLT-335 Medida de la macrotextura superficial de un pavimento por la técnica volumétrica.

UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar la resistencia al deslizamiento con el equipo de medida del rozamiento transversal.

NLT-349 Medida de módulos dinámicos de materiales para carreteras.

NLT-352 Caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo cántabro de pérdida por desgaste.

UNE 146130 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas pavimentadas.

UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.

UNE-EN 933-2 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.



UNE-EN 933-5 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.

UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.

UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 1097-6 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.

UNE-EN 12591 Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación.

UNE-EN 12697-1 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 1: Contenido de ligante soluble.

UNE-EN 12697-2 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas.

# 543. Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura (\*)

## 543.1. Definición

Se define como mezcla bituminosa discontinua en caliente para capas de rodadura aquella cuyos materiales son la combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos que presentan una discontinuidad granulométrica muy acentuada en los tamices inferiores del árido grueso, polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante. Su proceso de fabricación obliga a calentar el ligante y los áridos (excepto, eventualmente, el polvo mineral de aportación) y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la ambiente.

A efectos de aplicación de este artículo, se distinguen dos tipos de mezclas (F y M) con dos husos granulométricos con tamaño máximo nominal de ocho y diez milímetros (8 y 10 mm) cada uno. Con cada huso granulométrico podrán fabricarse mezclas bituminosas discontinuas en caliente, para capas de rodadura de dos y tres centímetros (2 y 3 cm), respectivamente.

Su ejecución comprenderá las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.

Tabla 543.1

Tipo de ligante hidrocarbonado a emplear (artículos 211 y 215 de este Pliego)

Categoría de tráfico pesado		
T00 y T0	T1	T2, a T4 y arcenes
BM-3c	BM-3c o BM-3b	B60/70 o B80/100

- Fabricación de la mezcla de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Transporte de la mezcla al lugar de empleo.
- Preparación de la superficie que va a recibir la mezcla.
- Extensión y compactación de la mezcla.

## 543.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

### 543.2.1. Ligante hidrocarbonado

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear, que será seleccionado, en función de la categoría de tráfico pesado, definida en la Norma 6.1 IC de Secciones de firme o en la Norma 6.3 IC de Rehabilitación de firmes, entre los que se indican en la tabla 543.1 y, salvo justificación

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo, en sustitución del anterior con la misma denominación.

en contrario, deberá cumplir las especificaciones de los correspondientes artículos de este Pliego.

Los betunes de penetración indicados en la tabla 543.1, cuyas especificaciones se recogen en el artículo 211, podrán ser sustituidos por betunes de penetración que cumplan con los tipos, las especificaciones y las condiciones nacionales especiales de la norma europea UNE-EN 12591, según se indica:

- B60/70 por B50/70
- B80/100 por B70/100

En el caso de utilizar betunes con adiciones no incluidos en los artículos 211 ó 215 de este Pliego, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras establecerá el tipo de adición y las especificaciones que deberán cumplir, tanto el ligante como las mezclas bituminosas resultantes. La dosificación y el modo de dispersión de la adición deberán ser aprobados por el Director de las Obras.

En el caso de incorporación de productos (fibras, materiales elastoméricos, etc.) como modificadores de la reología de la mezcla, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras determinará su proporción, así como la del ligante utilizado, de tal manera que se garantice un comportamiento en mezcla semejante al que se obtuviera de emplear un ligante bituminoso de los especificados en el artículo 215 de este Pliego.

Según lo dispuesto en el apartado 2.3.f) del Plan Nacional de neumáticos fuera de uso, aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros, de 5 de octubre de 2001, en las obras en las que la utilización del producto resultante de la trituración de los neumáticos usados sea técnica y económicamente viable se dará prioridad a estos materiales.

## 543.2.2. Áridos

### 543.2.2.1. Características generales

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas discontinuas en caliente podrán ser naturales o artificiales siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras,

podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío.

Antes de pasar por el secador de la central de fabricación, el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, del árido obtenido combinando las distintas fracciones (incluido el polvo mineral), según las proporciones fijadas por la fórmula de trabajo, deberá ser superior a cincuenta (50). De no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez (10) y, simultáneamente, el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, deberá ser superior a cuarenta (40).

Los áridos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes solubles de los áridos de cualquier tipo, naturales o artificiales, que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medioambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades se empleará la NLT-326.

### 543.2.2.2. Árido grueso

#### 543.2.2.2.1. Definición de árido grueso

Se define como árido grueso la parte del árido total retenida en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.

#### 543.2.2.2.2. Angulosidad del árido grueso (partículas trituradas)

La proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5, deberá cumplir lo fijado en la tabla 543.2.

Tabla 543.2

Proporción de partículas trituradas del árido grueso (% en masa)

Categoría de tráfico pesado	
T00 a T2	T3, T4 y arcenes
100	≥ 75

#### 543.2.2.2.3. Forma del árido grueso (índice de lajas)

El índice de lajas de las distintas fracciones del árido grueso, según la UNE-EN 933-3, deberá cumplir lo fijado en la tabla 543.3.

Tabla 543.3

Índice de lajas del árido grueso

Categoría de tráfico pesado	
T00 a T2	T3, T4 y arcenes
≤ 20	≤ 25

#### 543.2.2.2.4. Resistencia a la fragmentación del árido grueso (coeficiente Los Ángeles)

El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2, deberá cumplir lo fijado en la tabla 543.4.

Tabla 543.4

Coefficiente de desgaste Los Ángeles del árido grueso

Tipo de mezcla	Categoría de tráfico pesado	
	T00 a T2	T3, T4 y arcenes
F	≤ 20	≤ 25
M	≤ 15	≤ 25

#### 543.2.2.2.5. Resistencia al pulimento del árido grueso (coeficiente de pulimento acelerado)

El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso, según el anexo D de la UNE 146130, deberá cumplir lo fijado en la tabla 543.5.

Tabla 543.5

Coefficiente de pulimento acelerado del árido grueso

Categoría de tráfico pesado		
T00	T0 a T2	T3, T4 y arcenes
≥ 0,55	≥ 0,50	≥ 0,45

#### 543.2.2.2.6. Limpieza del árido grueso (contenido de impurezas)

El árido grueso deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

El contenido de impurezas, según el anexo C de la UNE 146130, del árido grueso deberá ser inferior al cinco por mil (0,5%); en caso contrario, el Director de las Obras podrá exigir su limpieza por lavado, aspiración u otros métodos por él aprobados y una nueva comprobación.

#### 543.2.2.3. Árido fino

##### 543.2.2.3.1. Definición de árido fino

Se define como árido fino la parte del árido total cernida por el tamiz 2 mm y retenida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

##### 543.2.2.3.2. Procedencia del árido fino

El árido fino deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o grava natural en su totalidad, o en parte de yacimientos naturales.

Únicamente en mezclas tipo F y para categorías de tráfico pesado T3, T4 y arcenes, podrá emplearse arena natural, no triturada, y en ese caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras, deberá señalar la proporción máxima de arena natural, no triturada, a emplear en la mezcla, la cual no será superior al diez por ciento (10%) de la masa total del árido combinado y sin que supere el porcentaje de árido fino triturado empleado en la mezcla.

##### 543.2.2.3.3. Limpieza del árido fino

El árido fino deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.

##### 543.2.2.3.4. Resistencia a la fragmentación del árido fino

Cuando el material que se triture para obtener árido fino sea de la misma naturaleza que el árido grueso, deberá cumplir las condiciones exigidas en el apartado 543.2.2.2.4 sobre coeficiente de Los Ángeles.

Se podrá emplear árido fino de otra naturaleza que mejore alguna característica, en especial la adhesividad, pero en cualquier caso procederá de árido grueso con coeficiente de Los Ángeles inferior a veinticinco (25).

#### 543.2.2.4. Polvo mineral

##### 543.2.2.4.1. Definición de polvo mineral

Se define como polvo mineral la parte del árido total cernida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

##### 543.2.2.4.2. Procedencia del polvo mineral

El polvo mineral podrá proceder de los áridos, separándose de ellos por extracción en la central de fabricación, o bien aportarse a la mezcla por separado de aquellos, como un producto comercial o especialmente preparado.

La proporción de polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deberá cumplir lo fijado en la tabla 543.6.

El polvo mineral que quede inevitablemente adherido a los áridos, tras su paso por el secador, en ningún caso podrá rebasar el dos por ciento (2%) de la masa de la mezcla. Sólo si se asegura que el polvo mineral procedente de los áridos cumple las condiciones exigidas al de aportación, el Director de las Obras podrá modificar la proporción mínima de éste.

##### 543.2.2.4.3. Finura y actividad del polvo mineral

La densidad aparente del polvo mineral, según la NLT-176, deberá estar comprendida entre cinco y ocho decigramos por centímetro cúbico (0,5 a 0,8 g/cm<sup>3</sup>).

**Tabla 543.6**  
**Proporción de polvo mineral de aportación**  
**(% en masa del resto del polvo mineral, excluido**  
**el inevitablemente adherido a los áridos)**

Categoría de tráfico pesado	
T00 a T2	T3, T4 y arcenes
100	≥ 50

#### 543.2.3. Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará los aditivos que pueden utilizarse, estableciendo las especificaciones que tendrán que cumplir tanto el aditivo como las mezclas bituminosas resultantes. El método de incorporación, que deberá asegurar una dosificación y dispersión homogéneas del aditivo, será aprobado por el Director de las Obras.

#### 543.3. Tipo y composición de la mezcla

La granulometría del árido obtenido combinando las distintas fracciones de los áridos (incluido el polvo mineral), según el tipo de mezcla, deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos fijados en la tabla 543.7. El análisis granulométrico se hará según la UNE-EN 933-1.

Para carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T1 se emplearán las mezclas bituminosas discontinuas en caliente tipo M.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo, composición y dotación de la mezcla bituminosa discontinua en caliente que deberá cumplir lo indicado en la tabla 543.8.

**Tabla 543.7**  
**Husos granulométricos. Cernido acumulado\* (% en masa)**

Tipo de mezcla	Tamaño de los tamices (mm)						
	12,5	10	8	4	2	0,500	0,063
M8	—	100	75-97	14-27	11-22	8-16	5-7
M10	100	75-97	—	14-27	11-22	8-16	5-7
F8	—	100	75-97	23-38	18-32	11-23	7-9
F10	100	75-97	—	23-38	18-32	11-23	7-9

\* La fracción del árido que pasa por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2 y es retenida por el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2, será inferior al ocho por ciento (8%).

**Tabla 543.8**  
**Tipo, composición y dotación de la mezcla**

Característica	Tipo de mezcla			
	M8	M10	F8	F10
Dotación media de mezcla (kg/m <sup>2</sup> )	35-50	55-70	40-55	65-80
Dotación mínima* de ligante (% en masa sobre el total del árido seco, incluido el polvo mineral)	5		5,5	
Ligante residual en riego de adherencia (kg/m <sup>2</sup> )	Firme nuevo	> 0,3		> 0,25
	Firme antiguo	> 0,4		> 0,35

\* Incluidas las tolerancias especificadas en el apartado 543.9.3.1. Se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos, si son necesarias.

Salvo justificación en contrario, la relación ponderal recomendable entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado determinada en la fórmula de trabajo, según el tipo de mezcla, deberá estar comprendida en los siguientes intervalos:

- Entre trece y diecisiete décimas (1,3 a 1,7) para las mezclas tipo F.
- Entre once y trece décimas (1,1 a 1,3) para las mezclas tipo M.

#### 543.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

##### 543.4.1. Central de fabricación

Las mezclas bituminosas discontinuas en caliente se fabricarán mediante centrales de mezcla continua o discontinua, capaces de manejar, simultáneamente en frío, el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especificará la producción horaria mínima de la central, en función de las características de la obra.

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del ligante hidrocarbonado deberá poder permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo, de forma que

se garantice que no se producen sobrecalentamientos localizados y que no se sobrepasan las temperaturas máximas admisibles de dicho producto. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc. deberán estar provistas de calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del ligante a los tanques de almacenamiento estará siempre sumergida. Se dispondrán termómetros, especialmente en la boca de salida al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de dispositivos para tomar muestras y para comprobar la calibración del dosificador.

Las tolvas para áridos en frío, deberán tener paredes resistentes y estancas, así como bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente y cuya separación sea efectiva para evitar intercontaminaciones; su número mínimo será función del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero, en todo caso, no será inferior a tres (3). Estas tolvas deberán asimismo estar provistas de dispositivos de dosificación a su salida, que puedan ser mantenidos en cualquier ajuste.

En centrales de mezcla continua con tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación deberá ser ponderal, al menos para la arena y para el conjunto de los áridos, y deberá tener en cuenta la humedad de éstos para corregir la dosificación en función de ella; en los demás tipos de central el Director de las Obras podrá autorizar sistemas de dosificación volumétrica de los áridos en frío, siempre y cuando se compruebe la homogeneidad y uniformidad del producto elaborado.

La central deberá estar provista de un secador que permita calentar los áridos a la temperatura fijada en la fórmula de trabajo, extrayendo de ellos una proporción de polvo mineral tal que su dosificación se ajuste a la fórmula de trabajo. El

sistema extractor deberá evitar la emisión de polvo mineral a la atmósfera y el vertido de lodos a cauces, de acuerdo con la legislación ambiental y de seguridad y salud vigente.

La central deberá tener sistemas separados de almacenamiento y dosificación del polvo mineral recuperado y de aportación, los cuales deberán ser independientes de los correspondientes al resto de los áridos y estar protegidos de la humedad.

Las centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador, deberán estar provistas de un sistema de clasificación de los áridos en caliente —de capacidad acorde con su producción— en un número de fracciones no inferior a tres (3), y de silos para almacenarlas. Estos silos deberán tener paredes resistentes, estancas y de altura suficiente para evitar intercontaminaciones, con un rebosadero para evitar que un exceso de contenido se vierta en los contiguos o afecte al funcionamiento del sistema de dosificación. Un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, deberá avisarle cuando el nivel del silo baje del que proporcione el caudal calibrado. Cada silo permitirá tomar muestras de su contenido, y su compuerta de desagüe deberá ser estanca y de accionamiento rápido. La central deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los áridos, con sensores a la salida del secador y, en su caso, en cada silo de áridos en caliente.

Las centrales de mezcla discontinua deberán estar provistas en cualquier circunstancia de dosificadores ponderales independientes: al menos uno (1) para los áridos calientes, cuya precisión sea superior al medio por ciento ( $\pm 0,5\%$ ), y al menos uno (1) para el polvo mineral y uno (1) para el ligante hidrocarbonado, cuya precisión sea superior al tres por mil ( $\pm 0,3\%$ ).

El ligante hidrocarbonado se distribuirá uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlen su entrada no permitirán fugas ni goteos. El sistema dosificador del ligante hidrocarbonado deberá poder calibrarse a la temperatura y presión de trabajo; en centrales de mezcla continua, deberá estar sincronizado con la alimentación de los áridos y la del polvo mineral. En centrales de mezcla continua con tambor secador-mezclador, se garantizará la difusión homogénea del ligante hidrocarbonado y que ésta se realice de forma que no exista riesgo de contacto con la llama, ni someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

Si se previera la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos

con precisión suficiente, a juicio del Director de las Obras.

Si la central estuviera dotada de tolvas de almacenamiento de las mezclas fabricadas, sus capacidades deberán garantizar el flujo normal de los elementos de transporte, así como que en las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes a la fabricación el material acopiado no ha perdido ninguna de sus características, en especial la homogeneidad del conjunto y las propiedades del ligante.

#### 543.4.2. Elementos de transporte

Consistirán en camiones de caja lisa y estanca, perfectamente limpia, y que se tratará, para evitar que la mezcla bituminosa se adhiera a ella, con un producto cuya composición y dotación deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

La forma y altura de la caja deberá ser tal que, durante el vertido en la extendedora, el camión sólo toque a éste a través de los rodillos provistos al efecto.

Los camiones deberán estar siempre provistos de una lona o cobertor adecuado para proteger la mezcla bituminosa durante su transporte.

#### 543.4.3. Extendedoras

Las extendedoras serán autopropulsadas y estarán dotadas de los dispositivos necesarios para extender la mezcla bituminosa en caliente con la configuración deseada y un mínimo de precompactación, que deberá ser fijado por el Director de las Obras. La capacidad de sus elementos, así como su potencia, serán adecuadas al trabajo a realizar.

La extendedora deberá estar dotada de un dispositivo automático de nivelación, y de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal.

Para la extensión de mezclas bituminosas discontinuas en caliente, en obras de carreteras con intensidades medias diarias superiores a diez mil (10.000) vehículos/día o cuando la extensión de la aplicación sea superior a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), en las categorías de tráfico pesado T00 a T1, las extendedoras irán provistas de un sistema de riego de adherencia incorporado al mismo que garantice una dotación, continua y uniforme.



Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste, u otras causas.

La anchura extendida y compactada será siempre igual o superior a la teórica, y comprenderá las anchuras teóricas de la calzada o arceños más los sobrecanchos mínimos fijados en los Planos. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las anchuras máxima y mínima de la extensión y la situación de las juntas longitudinales necesarias. Si a la extendidora se pueden acoplar elementos para aumentar su anchura, éstos deberán quedar perfectamente alineados con los de aquel y conseguir una mezcla continua y uniforme.

#### 543.4.4. Equipo de compactación

Se utilizarán preferentemente compactadores de rodillos metálicos que deberán ser autopropulsados, tener inversores de sentido de marcha de acción suave, y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario. Las llantas metálicas de los compactadores no presentarán surcos ni irregularidades en ellas.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los compactadores serán aprobadas por el Director de las Obras, y deberán ser las necesarias para conseguir una compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, sin producir roturas del árido, ni arrollamientos de la mezcla a la temperatura de compactación.

En zonas poco accesibles para los compactadores se podrán utilizar planchas o rodillos vibrantes de características apropiadas para lograr en dichas zonas una terminación superficial y compacidad semejante al resto de la obra.

#### 543.5. Ejecución de las obras

##### 543.5.1. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La fabricación y puesta en obra de la mezcla no se iniciará hasta que se haya aprobado por el Director de las Obras la correspondiente fórmula

de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación.

Dicha fórmula fijará como mínimo las siguientes características:

- La identificación y proporción de cada fracción del árido en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente.
- La granulometría de los áridos combinados, incluido el polvo mineral, empleando los tamices 12,5; 10; 8; 4; 2; 0,500 y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.
- La identificación y dosificación de ligante hidrocarbonado y, en su caso, la de polvo mineral de aportación, referida a la masa total de los áridos (incluido dicho polvo mineral), y la de aditivos, referida a la masa del ligante hidrocarbonado.
- En su caso, el tipo y dotación de las adiciones, referida a la masa total del árido combinado.

También se señalarán:

- Los tiempos a exigir para la mezcla de los áridos en seco y para la mezcla de los áridos con el ligante.
- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de áridos y ligante. La temperatura de mezclado se fijará dentro del rango correspondiente a una viscosidad del betún de ciento cincuenta a trescientos centistokes (150-300 cSt) en el caso de mezclas bituminosas discontinuas con betunes asfálticos y dentro del rango recomendado por el fabricante, de acuerdo a lo indicado en el artículo 215 de este Pliego, en el caso de mezclas con betunes modificados con polímeros. La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será superior a ciento ochenta grados Celsius (180 °C), salvo en centrales de tambor secador-mezclador, en las que no excederá de los ciento sesenta y cinco grados Celsius (165 °C). Para las mezclas tipo M dicha temperatura máxima deberá disminuirse en diez grados Celsius (10 °C) para evitar posibles escurrimientos del ligante. En todos los casos, la temperatura mínima de la mezcla al salir del mezclador será aprobada por el Director de las Obras de forma que la temperatura de la mezcla en la descarga de los camiones sea superior al mínimo fijado.

- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte y a la salida de la extendidora, que en ningún caso será inferior a ciento treinta y cinco grados Celsius (135 °C).
- La temperatura mínima de la mezcla al iniciar y terminar la compactación.

La dosificación de ligante hidrocarbonado se fijará en función del tipo de huso y de los materiales a emplear, siguiendo los criterios especificados en este artículo, en relación con el porcentaje de huecos en mezcla, la estabilidad Marshall, según la NLT-159, el índice de resistencia conservada en el ensayo de inmersión-compresión, según la NLT-162, la resistencia a la deformación plástica, según la NLT-173, y la pérdida por desgaste en el ensayo cántabro, según la NLT-352.

En el caso de mezclas bituminosas discontinuas tipo F, se seguirán los criterios siguientes:

- El análisis de huecos y la estabilidad empleando el método Marshall, según la NLT-159, aplicando cincuenta (50) golpes por cara para la compactación de las probetas, cumplirán los valores mínimos fijados en la tabla 543.9.
- La velocidad de deformación en el intervalo de ciento cinco a ciento veinte minutos (105 a 120 min), en el ensayo de resistencia a las deformaciones plásticas mediante la pista de ensayo en laboratorio, según la NLT-173, deberá cumplir, en función de la zona térmica estival en que se encuentre y de la categoría de tráfico pesado, definidas en la Norma 6.1 IC de secciones de firme o en la Norma 6.3 IC de rehabilitación de firmes, lo fijado en la tabla 543.10. Las probetas para este ensayo tendrán un espesor aproximadamente igual al cuádruple del tamaño máximo nominal del árido.

**Tabla 543.9**  
Criterios de dosificación de mezclas tipo F con el ensayo Marshall

Característica	Valor
Número de golpes por cara	50
Estabilidad (kN)	> 7,5
Huecos en mezcla (%)	> 4

**Tabla 543.10**  
Máxima velocidad de deformación (µm/min) en el intervalo de 105 a 120 minutos (NLT-173)

Zona térmica estival	Categoría de tráfico pesado	
	T00 a T2	T3, T4 y arcenes
Cálida	12	15
Media	12	15
Templada	15	—

En el caso de las mezclas bituminosas discontinuas tipo M el análisis de huecos y la pérdida por abrasión en el ensayo cántabro, según la NLT-352, cumplirán los valores especificados en la tabla 543.11.

Para las categorías de tráfico pesado T00, T0 y T1, se comprobará, asimismo, la sensibilidad de las propiedades de la mezcla a variaciones de granulometría y dosificación de ligante hidrocarbonado que no excedan de las admitidas en el apartado 543.9.3.

La temperatura de fabricación de la mezcla deberá corresponder, en principio, a una viscosidad del ligante hidrocarbonado comprendida entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 y 190 cSt). Deberá comprobarse que no se produce escurrimiento del ligante a esa temperatura.

En cualquier circunstancia se comprobará la adhesividad árido-ligante mediante la caracterización de la acción del agua. Para ello, en mezclas bituminosas discontinuas tipo F, la pérdida de resistencia en el ensayo de inmersión-compresión, según la NLT-162, no rebasará el veinticinco por ciento (25%) y, en mezclas tipo M, la pérdida por abrasión en el ensayo cántabro, según la NLT-352, tras ser sometidas a un proceso de inmersión en agua durante un (1) día a sesenta grados Celsius (60 °C), no rebasará el veinticinco por ciento (25%).

Se podrá mejorar la adhesividad entre el árido y el ligante hidrocarbonado mediante activantes o cualquier otro producto sancionado por la experiencia. En tales casos, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto,

**Tabla 543.11**  
Criterios de dosificación de mezclas tipo M con el ensayo Cántabro

Característica	Valor
Número de golpes por cara	50
Pérdida por abrasión en seco (%)	≤ 15
Huecos en mezcla (%)	≥ 12

el Director de las Obras establecerá las especificaciones que tendrán que cumplir dichos aditivos y las mezclas resultantes.

La fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa discontinua en caliente deberá asegurar el cumplimiento de las características de la unidad terminada en lo referente a la macrotextura superficial y a la resistencia al deslizamiento, según lo indicado en el apartado 543.7.4.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, que se justificará mediante ensayos. Se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes, o si, durante la producción, se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en el apartado 543.9.3.1.

#### 543.5.2. Preparación de la superficie existente

Se comprobarán la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender la mezcla bituminosa en caliente. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras indicará las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable antes de proceder a la extensión en la mezcla y, en su caso, a reparar las zonas con algún tipo de deterioro.

Sobre la superficie de asiento se ejecutará un riego de adherencia, según el artículo 531 de este Pliego y las instrucciones adicionales que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, teniendo especial cuidado de que dicho riego no se degrade antes de la extensión de la mezcla.

#### 543.5.3. Aprovechamiento de áridos

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción será suficientemente homogénea y se podrá acopiar y manejar sin peligro de segregación. El número mínimo de fracciones será de tres (3).

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm)

inferiores, a no ser que se pavimente aquél. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un árido.

En el caso de obras pequeñas, con volumen total de áridos inferior a cinco mil metros cúbicos (5.000 m<sup>3</sup>), antes de empezar la fabricación deberá haberse acopiado la totalidad de los áridos. En otro caso, el volumen mínimo a exigir será el treinta por ciento (30%), o el correspondiente a un (1) mes de producción máxima del equipo de fabricación.

#### 543.5.4. Fabricación de la mezcla

La carga de cada una de las tolvas de áridos en frío se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por cien (50 a 100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Los dosificadores de áridos en frío se regularán de forma que se obtenga la granulometría de la fórmula de trabajo; su caudal se ajustará a la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, lo que vendrá indicado por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea; la extracción por los colectores deberá regularse de forma que la cantidad y la granulometría del polvo mineral recuperado sean ambos uniformes.

En centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador, los áridos calentados y, en su caso, clasificados, se pesarán y se transportarán al mezclador. Si la alimentación de éste fuera discontinua, después de haber introducido los áridos y el polvo mineral se agregará automáticamente el ligante hidrocarbonado para cada amasada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado en la fórmula de trabajo.

En los mezcladores de las centrales que no sean de tambor secador-mezclador, se limitará el

volumen del material, en general hasta dos tercios (2/3) de la altura máxima que alcancen las paletas, de forma que para los tiempos de mezclado establecidos en la fórmula de trabajo se alcance una envuelta completa y uniforme.

A la descarga del mezclador todos los tamaños del árido deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excederá de la fijada en la fórmula de trabajo.

En el caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación, la distribución homogénea, así como que no pierda las características previstas durante todo el proceso de fabricación.

#### 543.5.5. *Transporte de la mezcla*

La mezcla bituminosa en caliente se transportará en camiones desde la central de fabricación a la extendedora. Para evitar su enfriamiento superficial, deberá protegerse durante el transporte mediante lonas u otros cobertores adecuados. En el momento de descargarla en la extendedora, su temperatura no podrá ser inferior a la especificada en la fórmula de trabajo.

#### 543.5.6. *Extensión de la mezcla*

A menos que el Director de las Obras ordene otra cosa, la extensión comenzará por el borde inferior, y se realizará por franjas longitudinales. La anchura de estas franjas se fijará de manera que se realice el menor número de juntas posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características de la extendedora y la producción de la central.

En obras sin mantenimiento de la circulación, para las categorías de tráfico pesado T00 a T1 o con superficies a extender en calzada superiores a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), se realizará la extensión a ancho completo, trabajando si fuera necesario con dos (2) o más extendedoras ligeramente desfasadas, evitando juntas longitudinales. En los demás casos, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre aún caliente y en condiciones

de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La mezcla bituminosa se extenderá siempre en una sola tongada. La extendedora se regulará de forma que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el apartado 543.7.2.

La extensión se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la extendedora a la producción de la central de fabricación, de modo que aquélla no se detenga. En caso de parada, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender, en la tolva de la extendedora y debajo de ésta, no baja de la prescrita en la fórmula de trabajo para el inicio de la compactación; de lo contrario, se ejecutará una junta transversal.

Donde no resulte posible, a juicio del Director de las Obras, el empleo de máquinas extendedoras, la puesta en obra de la mezcla bituminosa podrá realizarse por otros procedimientos aprobados por aquél. Para ello se descargará fuera de la zona en que se vaya a extender, y se distribuirá en una capa uniforme y de un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el apartado 543.7.2.

#### 543.5.7. *Compactación de la mezcla*

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras en función de los resultados del tramo de prueba, aunque el número de pasadas del compactador, sin vibración, será siempre superior a seis (6); se deberá hacer a la mayor temperatura posible, sin rebasar la máxima prescrita en la fórmula de trabajo y sin que se produzca desplazamiento de la mezcla extendida, y se continuará, mientras la temperatura de la mezcla no sea inferior a la mínima prescrita en la fórmula de trabajo y la mezcla se halle en condiciones de ser compactada, hasta que se cumpla el plan aprobado.

La compactación se realizará longitudinalmente, de manera continua y sistemática. Si la extensión de la mezcla bituminosa se realizara por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano a la extendidora; los cambios de dirección se realizarán sobre mezcla ya apisonada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

### 543.5.8. Juntas transversales y longitudinales

Cuando con anterioridad a la extensión de la mezcla en capa de pequeño espesor se ejecute otra capa asfáltica, se procurará que las juntas transversales de la capa superpuesta guarden una separación mínima de cinco metros (5 m), y de quince centímetros (15 cm) para las longitudinales.

Al extender franjas longitudinales contiguas, cuando la temperatura de la extendida en primer lugar no sea superior al mínimo fijado en la fórmula de trabajo para terminar la compactación, el borde de esta franja se cortará verticalmente, dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor. A continuación, se calentará la junta y se extenderá la siguiente franja contra ella.

Las juntas transversales de la mezcla en capa de pequeño espesor se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos precisos para el rodillo y se distanciarán en más de cinco metros (5 m) las juntas transversales de franjas de extensión adyacentes.

### 543.6. Tramo de prueba

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa en caliente, será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba para comprobar la fórmula de trabajo, la forma de actuación del equipo y, especialmente, el plan de compactación.

El tramo de prueba tendrá una longitud no inferior a la definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y el Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la obra en construcción.

Se tomarán muestras de la mezcla bituminosa, que se ensayarán para determinar su conformidad con las condiciones especificadas, y se extraerán testigos. A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras decidirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso, se podrá iniciar la fabricación de la mezcla bituminosa. En el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación o sistemas de extendido, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, definirá su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos, o incorporar equipos suplementarios.

Asimismo, durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia entre los métodos de control de la dosificación del ligante hidrocarbonado y de la densidad in situ establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control. También se estudiarán el equipo y el método de realización de juntas, así como la relación entre la dotación media de mezcla y el espesor de la capa aplicada con la que se alcance una densidad superior a la especificada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

En el caso de mezclas tipo M con espesor superior a dos centímetros y medio (2,5 cm), se analizará, además, la correspondencia entre el contenido de huecos en mezcla y la permeabilidad de la capa según la NLT-327.

### 543.7. Especificaciones de la unidad terminada

#### 543.7.1. Densidad

En el caso de mezclas tipo F, la densidad alcanzada deberá ser superior al noventa y ocho por ciento (98%) de la densidad Marshall obtenida, según los criterios especificados en la tabla 543.9.

En el caso de mezclas tipo M, con espesores iguales o superiores a dos centímetros y medio (2,5 cm), el porcentaje de huecos en mezcla no podrá diferir en más de dos ( $\pm 2$ ) puntos porcentuales del obtenido en la fórmula de trabajo.

Como forma simplificada de determinar la compacidad alcanzada en la unidad de obra terminada, se podrá utilizar la relación obtenida en el preceptivo tramo de ensayo entre la dotación media de mezcla y el espesor de la capa.

### 543.7.2. Espesor y anchura

El espesor de la capa no deberá ser inferior, en ningún punto, al cien por cien (100%) del previsto en la sección-tipo de los Planos de Proyecto, o en su defecto al que resulte de la aplicación de la dotación media de mezcla que figure en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, con las salvedades indicadas en el apartado 543.10.2.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de extensión, que en ningún caso será inferior a la teórica deducida de la sección-tipo de los Planos de Proyecto.

### 543.7.3. Regularidad superficial

El Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, deberá cumplir lo fijado en la tabla 543.12 ó 543.13.

### 543.7.4. Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

La superficie de la capa deberá presentar una textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones.

La macrotextura superficial, según la NLT-335, y la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, deberán cumplir los límites establecidos en la tabla 543.14.

### 543.8. Limitaciones de la ejecución

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la puesta en obra de la mezcla bituminosa en caliente:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra, sea inferior a ocho grados Celsius (8 °C), con tendencia a disminuir. Con viento intenso, después de heladas, especialmente sobre tableros de puentes y estructuras, el Director de las Obras podrá aumentar el valor mínimo de la temperatura.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

Se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada tan pronto como alcance una temperatura de sesenta grados Celsius (60 °C), evitando las paradas y cambios de dirección sobre la mezcla recién extendida hasta que ésta alcance la temperatura ambiente.

**Tabla 543.12**  
Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm) para firmes de nueva construcción

Porcentaje de hectómetros	Tipo de vía	
	Calzada de autopistas y autovías	Resto de vías
50	< 1,5	< 1,5
80	< 1,8	< 2,0
100	< 2,0	< 2,5

**Tabla 543.14**  
Macrotextura superficial (NLT-335) y resistencia al deslizamiento (NLT-336) de las mezclas

Característica	Tipo de mezcla	
	M	F
Macrotextura superficial* Valor mínimo (mm)	1,5	1,1
Resistencia al deslizamiento** CRT mínimo (%)	60	65

\* Medida antes de la puesta en servicio de la capa.

\*\* Medida una vez transcurridos dos meses de la puesta en servicio de la capa.

**Tabla 543.13**  
Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm) para firmes rehabilitados estructuralmente

Porcentaje de hectómetros	Tipo de vía			
	Calzada de autopistas y autovías		Resto de vías	
	> 10	≤ 10	> 10	≤ 10
50	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 2,0
80	< 1,8	< 2,0	< 2,0	< 2,5
100	< 2,0	< 2,5	< 2,5	< 3,0



## 543.9. Control de calidad

### 543.9.1. Control de procedencia de los materiales

#### 543.9.1.1. Control de procedencia del ligante hidrocarbonado

El ligante hidrocarbonado deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado 211.4 del artículo 211 de este Pliego o 215.4 del artículo 215 de este Pliego, según el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear.

#### 543.9.1.2. Control de procedencia de los áridos

Si con los áridos se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo o documento acreditativo de la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad del árido, según lo indicado en el apartado 543.12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia de los áridos no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada fracción de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
- El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso, según el anexo D de la UNE 146130.
- La densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la UNE-EN 1097-6.
- Granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.

El Director de las Obras podrá ordenar la repetición de estos ensayos con nuevas muestras, y la realización de los siguientes ensayos adicionales:

- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- Proporción de impurezas del árido grueso, según el anexo C de la UNE 146130.

#### 543.9.1.3. Control de procedencia del polvo mineral de aportación

Si con el polvo mineral se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo o documento acreditativo de la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad del polvo mineral, según lo indicado en el apartado 543.12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia del polvo mineral no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del polvo mineral de aportación, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y con ellas se determinará la densidad aparente, según la NLT-176.

### 543.9.2. Control de calidad de los materiales

#### 543.9.2.1. Control de calidad de los ligantes hidrocarbonados

El ligante hidrocarbonado deberá cumplir las especificaciones establecidas en el apartado 211.5 del artículo 211 de este Pliego o 215.5 del artículo 215 de este Pliego, según el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear.

#### 543.9.2.2. Control de calidad de los áridos

Se examinará la descarga al acopio o alimentación de tolvas en frío, desechando los áridos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo. Se acopiarán, aparte, aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc.



Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus separadores y de los accesos a los mismos.

Con cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

- Al menos dos (2) veces al día:
  - Análisis granulométrico de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
  - Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:
  - Índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
  - Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
  - Proporción de impurezas del árido grueso, según el anexo C de la UNE 146130.
- Al menos una (1) vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:
  - Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
  - Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso, según el anexo D de la UNE 146130.
  - Densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la UNE-EN 1097-6.

### 543.9.2.3. Control de calidad del polvo mineral de aportación

En cada partida que se reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

- Al menos una (1) vez al día, o cuando se cambie la procedencia:
  - Densidad aparente, según la NLT-176.

## 543.9.3. Control de ejecución

### 543.9.3.1. Fabricación

Se tomará diariamente un mínimo de dos (2) muestras, según la UNE-EN 932-1, una por la

mañana y otra por la tarde, de la mezcla de áridos en frío antes de su entrada en el secador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del árido combinado, según la UNE-EN 933-1.
- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9, del árido combinado.

En centrales de mezcla continua se calibrará diariamente el flujo de la cinta suministradora de áridos, deteniéndola cargada de áridos, y recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida.

Las tolerancias admisibles, en más o en menos, respecto a la granulometría de la fórmula de trabajo, serán las siguientes, referidas a la masa total de áridos (incluido el polvo mineral):

- Para tamices superiores al 2 mm de la UNE-EN 933-2:  $\pm 3\%$
- Tamices comprendidos entre el 2 mm y el 0,063 mm de la UNE-EN 933-2:  $\pm 2\%$
- Tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2:  $\pm 1\%$

Se tomará diariamente al menos una (1) muestra de la mezcla de áridos en caliente y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1, que cumplirá las tolerancias indicadas en el párrafo anterior. Al menos semanalmente, se verificará la precisión de las básculas de dosificación, y el correcto funcionamiento de los indicadores de temperatura de los áridos y del ligante hidrocarbonado.

Se tomarán muestras a la descarga del mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- En cada elemento de transporte:
  - Control del aspecto de la mezcla, y medición de su temperatura. Se rechazarán todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, y aquellas cuya envuelta no fuera homogénea; en centrales cuyo tambor no fuera a la vez mezclador, también las mezclas que presenten indicios de humedad; y en las demás centrales, las mezclas cuya humedad sea superior al uno por ciento (1%) en masa, del total. En estos casos de humedad excesiva

va, se retirarán los áridos de los correspondientes silos en caliente.

- Al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde), y al menos una (1) vez por lote:
  - Dosificación de ligante, según la UNE-EN 12697-1.
  - Granulometría de los áridos extraídos, según la UNE-EN 12697-2.

Se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del apartado 543.9.4.

La tolerancia admisible, en más o en menos, respecto de la dotación de ligante hidrocarbonado de la fórmula de trabajo, será del tres por mil ( $\pm 0,3\%$ ) en masa, del total de áridos (incluido el polvo mineral), sin bajar del mínimo especificado en el apartado 543.3.

- Al menos una (1) vez al día, y al menos una (1) vez por lote:
  - En mezclas tipo F, análisis de huecos y resistencia a la deformación plástica empleando el método Marshall (serie de tres (3) probetas como mínimo), según la NLT-159.
  - En mezclas tipo M, determinación del porcentaje de huecos en mezcla y la pérdida por abrasión en el ensayo cántabro, según la NLT-352.

### 543.9.3.2. Puesta en obra

#### 543.9.3.2.1. Extensión

Se medirá la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el apartado 543.8.

Antes de verter la mezcla del elemento de transporte en la tolva de la extendidora, se comprobará su aspecto y se medirá su temperatura.

Se comprobará frecuentemente el espesor extendido, mediante un punzón graduado.

#### 543.9.3.2.2. Compactación

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y tipo de compactadores son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.
- El lastre, y peso total de los compactadores.
- El número de pasadas de cada compactador.

En mezclas tipo M, se comprobará con la frecuencia que sea precisa la permeabilidad de la capa durante su compactación, según la NLT-327.

Al terminar la compactación se medirá la temperatura en la superficie de la capa.

### 543.9.4. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

En el caso de las mezclas tipo F se extraerán testigos en puntos aleatoriamente elegidos, en número no inferior a cinco (5) y se determinará la dotación media de mezcla o la densidad aparente de la probeta y el espesor de la capa. En el caso de las mezclas tipo M la dotación media de mezcla se comprobará por división de la masa total de los materiales correspondientes a cada carga, medida por diferencia de peso del camión antes y después de cargarlo, por la superficie realmente tratada, medida sobre el terreno. Para ello se deberá disponer de una báscula convenientemente contrastada.

En mezclas tipo M, con espesores iguales o superiores a dos centímetros y medio (2,5 cm) se extraerán testigos en puntos aleatoriamente elegidos, en número no inferior a cinco (5) y se determinará su densidad y porcentaje de huecos.

Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 543.7.3. La comprobación de la regularidad superficial de toda la longitud de la obra tendrá lugar además antes de la recepción definitiva de las obras.

Se realizarán los ensayos siguientes, que deberán cumplir lo establecido en la tabla 543.14:

- Medida de la macrotextura superficial, según la NLT-335, antes de la puesta en servicio de la capa, en cinco (5) puntos del lote aleatoriamente elegidos de forma que haya al menos uno por hectómetro (1/hm).
- Determinación de la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, una vez transcurridos dos (2) meses de la puesta en servicio de la capa.

## 543.10. Criterios de aceptación o rechazo

### 543.10.1. Dotación

La dotación media de mezcla obtenida en el lote, según lo indicado en el apartado 543.9.4, no podrá ser inferior a la especificada en la fórmula de trabajo, y, además, no más de dos (2) muestras podrán presentar resultados individuales inferiores al noventa y cinco por ciento (95%) de la dotación media de mezcla especificada.

Si la dotación media de mezcla obtenida es inferior a la especificada en la fórmula de trabajo, se procederá de la siguiente manera:

- Si la dotación media de mezcla obtenida es inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la especificada, se levantará la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado mediante fresado y se repondrá por cuenta del Contratista.
- Si la dotación media de mezcla obtenida no es inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la especificada, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado.

En mezclas tipo M, con espesores iguales o superiores a dos centímetros y medio (2,5 cm), la media del porcentaje de huecos en mezcla no deberá diferir en más de dos (2) puntos porcentuales de los valores establecidos en la fórmula de trabajo; no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que difieran de los establecidos en más de tres (3) puntos porcentuales.

En mezclas tipo M, si la media del porcentaje de huecos en mezcla difiere de los valores establecidos en la fórmula de trabajo en más de dos (2) puntos porcentuales, se procederá de la siguiente manera:

- Si la media del porcentaje de huecos en mezcla difiere en más de cuatro (4) puntos porcentuales, se levantará la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado mediante fresado y se repondrá por cuenta del Contratista.
- Si la media del porcentaje de huecos en mezcla difiere en menos de cuatro (4) puntos porcentuales, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado.

### 543.10.2. Espesor

El espesor medio por lote no deberá ser inferior al previsto en los Planos del Proyecto, y, además, no más de dos (2) muestras podrán presentar resultados individuales inferiores al noventa por ciento (90%) del espesor especificado.

Si el espesor medio obtenido en la capa fuera inferior al especificado en el apartado 543.7.2, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta levantar la capa mediante fresado y reponerla.

### 543.10.3. Regularidad superficial

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 543.7.3, se demolerá el lote y se retirará a vertedero por cuenta del Contratista.

### 543.10.4. Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

El resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial no deberá resultar inferior al valor previsto en la tabla 543.14. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más del veinticinco por ciento (25%) del mismo.

Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al valor previsto en la tabla 543.14, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 543.14, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 543.14, se extenderá una nueva capa de rodadura por cuenta del Contratista.

El resultado medio del ensayo de la determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor previsto en la tabla 543.14. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más de cinco unidades (5).

Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al valor previsto en la tabla 543.14, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 543.14, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 543.14, se extenderá una nueva capa de rodadura por cuenta del Contratista.

### 543.11. Medición y abono

Únicamente cuando la capa de asiento construida no esté incluida en el mismo Contrato, se podrá abonar la comprobación y, en su caso, reparación de la superficie existente, por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados.

En el resto de los casos la preparación de la superficie existente no será objeto de abono, ni se incluirá en esta unidad de obra. El riego de adhe-

rencia se abonará según lo prescrito en el artículo 531, riegos de adherencia, de este Pliego.

La fabricación y puesta en obra de una capa de rodadura de mezcla bituminosa discontinua en caliente de pequeño espesor se abonará por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) obtenidos multiplicando, la anchura señalada para la capa en los Planos del Proyecto, por la longitud realmente ejecutada. Este abono incluirá los áridos, el polvo mineral, las adiciones y todas las operaciones de acopio, preparación, fabricación, puesta en obra y terminación. No serán de abono las creces laterales.

El ligante hidrocarbonado empleado en la fabricación de mezclas bituminosas discontinuas en caliente se abonará por toneladas (t), obtenidas multiplicando, la medición abonable de fabricación y puesta en obra, por la dotación media de ligante deducida de los ensayos de control de cada lote. En ningún caso será de abono el empleo de activantes o aditivos.

El polvo mineral de aportación y las adiciones sólo se abonarán si lo prevé explícitamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y el Cuadro de Precios del Proyecto. Su abono se hará por toneladas (t), obtenidas multiplicando, la medición abonable de fabricación y puesta en obra de cada lote, por la dotación media en la mezcla resultante.

### 543.12. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Or-

ganismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### **Normas referenciadas**

NLT-159 Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.

NLT-162 Efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas bituminosas compactadas (ensayo de inmersión-compresión).

NLT-173 Resistencia a la deformación plástica de las mezclas bituminosas mediante la pista de ensayo de laboratorio.

NLT-176 Densidad aparente del polvo mineral en tolueno.

NLT-326 Ensayo de lixiviación en materiales para carreteras (método del tanque).

NLT-327 Permeabilidad in situ de pavimentos drenantes con el permeámetro LCS.

NLT-330 Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.

NLT-335 Medida de la macrotextura superficial de un pavimento por la técnica volumétrica.

NLT-336 Determinación de la resistencia al deslizamiento con el equipo de medida del rozamiento transversal.

NLT-352 Caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo cántaro de pérdida por desgaste.

UNE 146130 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas pavimentadas.

UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1:

Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.

UNE-EN 933-2 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.

UNE-EN 933-5 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.

UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.

UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 1097-6 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.

UNE-EN 12591 Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación.

UNE-EN 12697-1 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 1: Contenido de ligante soluble.

UNE-EN 12697-2 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas.

# 550. Pavimentos de hormigón (\*)

## 550.1. Definición

Se define como pavimento de hormigón el constituido por un conjunto de losas de hormigón en masa separadas por juntas transversales, o por una losa continua de hormigón armado, en ambos casos eventualmente dotados de juntas longitudinales; el hormigón se pone en obra con una consistencia tal, que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación y maquinaria específica para su extensión y acabado superficial.

La ejecución del pavimento de hormigón incluye las siguientes operaciones:

- Estudio y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie de asiento.
- Fabricación del hormigón.
- Transporte del hormigón.
- Colocación de elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para la pavimentadora y los equipos de acabado superficial.
- Colocación de los elementos de las juntas.
- Puesta en obra del hormigón y colocación de armaduras en pavimento continuo de hormigón armado.
- Ejecución de juntas en fresco.
- Terminación.
- Numeración y marcado de las losas.
- Protección y curado del hormigón fresco.
- Ejecución de juntas serradas.
- Sellado de las juntas.

## 550.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

### 550.2.1. Cemento

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras deberá fijar el tipo y la clase resistente del cemento a emplear, la cual será, salvo justificación en contrario, la 32,5 N. El cemento cumplirá las prescripciones del artículo 202 de este Pliego y las adicionales que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

No se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en fábrica.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el principio de fraguado, según la UNE-EN 196-3, que, en todo caso, no podrá tener lugar antes de las dos horas (2h).

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo, en sustitución del anterior, con la misma denominación.



## 550.2.2. Agua

El agua deberá cumplir las prescripciones del artículo 280 de este Pliego.

## 550.2.3. Árido

El árido cumplirá las prescripciones del artículo 610 de este Pliego y las prescripciones adicionales contenidas en este artículo. Para las arenas que no cumplan con la especificación del equivalente de arena, se exigirá que su valor de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a seis (6) para obras sometidas a clases generales de exposición I, IIa o IIb, (definidas en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)) o bien inferior a tres (3) para el resto de los casos.

Los áridos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración física o química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en el lugar de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar el suelo o las corrientes de agua.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes de los áridos que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medioambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades se empleará la NLT-326.

### 550.2.3.1. Árido grueso

#### 550.2.3.1.1. Definición de árido grueso

Se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.

#### 550.2.3.1.2. Características generales del árido grueso

El tamaño máximo del árido grueso no será superior a cuarenta milímetros (40 mm). Se suministrará, como mínimo, en dos (2) fracciones granulométricas diferenciadas.

### 550.2.3.1.3. Calidad del árido grueso

El coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2, deberá ser inferior a treinta y cinco (35).

En los casos en los que la obtención de la textura superficial se realice con denudación química, según las especificaciones del apartado 550.5.10.4, y se prevea además una incrustación de gravilla en la superficie del hormigón fresco, combinada con la denudación, el tamaño de la gravilla incrustada estará comprendido entre cuatro y ocho milímetros (4 y 8 mm), su coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN-1097-2 no será superior a veinte (20) y su coeficiente de pulimento acelerado, según el anexo D de la UNE 146130, no será inferior a cincuenta centésimas (0,50).

Si se denuda el hormigón sin incrustación de gravilla, el árido grueso del hormigón deberá tener también como mínimo el coeficiente de pulimento acelerado prescrito en el párrafo anterior.

#### 550.2.3.1.4 Forma del árido grueso (índice de lajas)

El índice de lajas, según la UNE-EN 933-3, deberá ser inferior a treinta y cinco (35).

## 550.2.3.2. Árido fino

### 550.2.3.2.1. Definición de árido fino

Se define como árido fino a la parte del árido total cernida por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.

### 550.2.3.2.2. Características generales del árido fino

El árido fino será, en general, una arena natural rodada. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto el Director de las Obras, podrá permitir que el árido fino tenga una proporción determinada de arena de machaqueo.

La proporción de partículas silíceas del árido fino, según la NLT-371, del hormigón de la capa superior, o de todo el pavimento si éste se construyera en una sola capa y sin denudado, no será inferior al treinta y cinco por ciento (35%), y procedente de un árido grueso cuyo coeficiente de pulimento acelerado, según el anexo D de la UNE 146130 en obras de pavimentación para las categorías de tráfico pesado T00 a T1 sea supe-



rior a cincuenta centésimas (0,50). En el resto de los casos la proporción de partículas silíceas, según la NLT-371, no será inferior al treinta por ciento (30%) y procedente de un árido grueso cuyo coeficiente de pulimento acelerado no sea inferior a cuarenta y cinco centésimas (0,45).

#### 550.2.3.2.3. Limpieza del árido fino

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el valor del equivalente de arena del árido fino, según la UNE-EN 933-8. Dicho valor no será inferior a setenta y cinco (75), ni a ochenta (80) en zonas sometidas a heladas.

#### 550.2.3.2.4. Granulometría del árido fino

La curva granulométrica del árido fino según la UNE-EN 933-1 estará comprendida dentro de los límites que se especifican en la tabla 550.1.

Para las categorías de tráfico pesado T3 y T4, se podrá admitir un cernido ponderal acumulado de hasta un seis por ciento (6%) por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2 si el contenido de partículas arcillosas, según la UNE 7133, fuera inferior a siete decigramos (0,7 g).

Adoptada una curva granulométrica dentro de los límites indicados, se admitirá respecto de su módulo de finura, según la UNE-EN 933-1, una variación máxima del cinco por ciento (5%). A estos efectos, se define el módulo de finura como la suma de las diferencias ponderales acumuladas, expresadas en tanto por uno, por cada uno de los siete (7) tamices especificados en la tabla 550.1.

#### 550.2.4. Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los aditivos que puedan utilizarse para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla. El Director de las Obras establecerá la necesidad de utilizar aditivos y su modo de empleo, de acuerdo con las condiciones de ejecución, las características de la obra

y las condiciones climáticas. En cualquier circunstancia, los aditivos utilizados deberán cumplir las condiciones establecidas en la UNE-EN 934-2.

Únicamente se autorizará el uso de aquellos aditivos cuyas características, y especialmente su comportamiento y los efectos sobre la mezcla al emplearlos en las proporciones previstas, vengán garantizadas por el fabricante, siendo obligatorio realizar ensayos previos para comprobar dicho comportamiento.

#### 550.2.5. Pasadores y barras de unión

Los pasadores estarán constituidos por barras lisas de acero, de veinticinco milímetros (25 mm) de diámetro y cincuenta centímetros (50 cm) de longitud, que cumplirán lo establecido en la UNE 36541. El acero será del tipo S-275-JR, definido en la UNE-EN 10025.

Los pasadores estarán recubiertos en toda su longitud con un producto que evite su adherencia al hormigón. Su superficie será lisa y no presentará irregularidades ni rebabas, para lo que sus extremos se cortarán con sierra y no con cizalla. En las juntas de dilatación, uno de sus extremos se protegerá con una caperuza de longitud comprendida entre cincuenta y cien milímetros (50 a 100 mm), rellena de un material compresible que permita un desplazamiento horizontal igual o superior al del material de relleno de la propia junta.

Las barras de unión serán corrugadas, de doce milímetros (12 mm) de diámetro y ochenta centímetros (80 cm) de longitud, y deberán cumplir las exigencias del artículo 240 de este Pliego.

#### 550.2.6. Barras para pavimentos continuos de hormigón armado

Las barras para pavimento continuo de hormigón armado, serán de acero B 500 S o B 500 SD y deberán cumplir las exigencias del artículo 240 de este Pliego.

**Tabla 550.1**  
**Huso granulométrico del árido fino. Cernido ponderal acumulado (% en masa)**

Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)						
4	2	1	0,500	0,250	0,125	0,063
81-100	58-85	39-68	21-46	7-22	1-8	0-4

Para barras longitudinales el diámetro nominal mínimo será de veinte milímetros (20 mm) en pavimentos con veintidós centímetros (22 cm) o más de espesor, y de dieciséis milímetros (16 mm) para espesores inferiores a dicho valor. Las barras transversales serán de doce milímetros (12 mm) en todos los casos.

Cuando las barras se dispongan previamente al hormigonado, se dispondrá la correspondiente armadura transversal de montaje y las barras se unirán por atado o puntos de soldadura de los solapes. Cuando las barras se coloquen mediante el uso de extendedoras equipadas con trompetas, las uniones a tope se realizarán por soldadura o dispositivos mecánicos (manguitos) y los solapes por soldadura.

### 550.2.7. Membranas para separación de la base o para curado del pavimento

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las propiedades de las membranas para la separación de la base o para curado del pavimento.

### 550.2.8. Productos filmógenos de curado

Los productos filmógenos de curado deberán cumplir las prescripciones del artículo 285 de este Pliego.

### 550.2.9. Materiales para juntas

#### 550.2.9.1. Materiales de relleno en juntas de dilatación

Los materiales de relleno en juntas de dilatación deberán cumplir las exigencias de la UNE 41107. Su espesor estará comprendido entre quince y dieciocho milímetros (15 a 18 mm).

#### 550.2.9.2. Materiales para la formación de juntas en fresco

Para las categorías de tráfico pesado T2 y T4, como materiales para la formación de juntas en fresco se podrán utilizar materiales rígidos que

no absorban agua o tiras de plástico con un espesor mínimo de treinta y cinco centésimas de milímetro (0,35 mm). En cualquier caso, dichos materiales deberán estar definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, ser aprobados por el Director de las Obras.

### 550.2.9.2. Materiales para el sellado de juntas

El material utilizado para sellado de juntas vendrá definido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y deberá ser suficientemente resistente a los agentes exteriores y capaz de asegurar la estanqueidad de las juntas sin despegarse de los bordes de las losas. En cualquier caso estos materiales deberán ser productos sancionados por la práctica y aceptados por el Director de las Obras, quien podrá realizar todos los ensayos y comprobaciones que estime pertinentes para el buen resultado de la operación y su posterior conservación. Para las categorías de tráfico pesado T1 y T2 no se podrán emplear productos que no garanticen sus propiedades iniciales al menos durante siete (7) años.

### 550.3. Tipo y composición del hormigón

La resistencia característica a flexotracción a veintiocho días (28 d), referida a probetas prismáticas de sección cuadrada, de quince centímetros (15 cm) de lado y sesenta centímetros (60 cm) de longitud, fabricadas y conservadas en obra según la UNE 83301, admitiéndose su compactación con mesa vibrante, ensayadas según la UNE 83305, pertenecerá a uno de los tipos indicados en la tabla 550.2 y estará especificada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

**Tabla 550.2**  
**Resistencia característica mínima a flexotracción a 28 días**

Tipo de hormigón	Resistencia (MPa)*
HP-4,5	4,5
HP-4,0	4,0
HP-3,5	3,5

\* Si se emplean cementos para usos especiales (ESP), los valores, a veintiocho días (28 d), se podrán disminuir en un quince por ciento (15%) si, mediante ensayos normales o acelerados, se comprueba que se cumplen a noventa días (90 d).

La resistencia característica a flexotracción del hormigón a veintiocho días (28 d) se define como el valor de la resistencia asociado a un nivel de confianza del noventa y cinco por ciento (95%).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras especificará el ensayo para la determinación de la consistencia del hormigón, así como los límites admisibles en sus resultados. Si se mide la consistencia según la UNE 83313, el asiento deberá estar comprendido entre dos y seis centímetros (2 y 6 cm).

La masa unitaria del total de partículas cernidas por el tamiz 0,125 mm de la UNE-EN 933-2, incluyendo el cemento, no será mayor de cuatrocientos cincuenta kilogramos por metro cúbico ( $450 \text{ kg/m}^3$ ) de hormigón fresco.

La dosificación de cemento no será inferior a trescientos kilogramos por metro cúbico ( $300 \text{ kg/m}^3$ ) de hormigón fresco y la relación ponderal agua/cemento (a/c) no será superior a cuarenta y seis centésimas (0,46).

La proporción de aire ocluido en el hormigón fresco vertido en obra, según la UNE 83315, no será superior al seis por ciento (6%) en volumen. En zonas sometidas a nevadas o heladas será obligatoria la utilización de un inclusor de aire. En este caso, la proporción de aire ocluido en el hormigón fresco no será inferior al cuatro y medio por ciento (4,5%) en volumen.

### 550.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

#### 550.4.1. Central de fabricación

La capacidad mínima de acopio de cemento corresponderá al consumo de una jornada y media (1,5) a rendimiento normal, salvo que la distancia al punto de aprovisionamiento fuera inferior a cien kilómetros (100 km), en cuyo caso el límite se podrá rebajar a una (1) jornada, previa autorización del Director de las Obras.

El hormigón se fabricará en centrales de mezcla discontinua, capaces de manejar, simultánea-

mente, el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada. La producción horaria de la central de fabricación deberá ser capaz de suministrar el hormigón sin que la alimentación de la pavimentadora se interrumpa y, en cualquier caso, no podrá ser inferior a la correspondiente a una velocidad de avance de la pavimentadora de sesenta metros por hora (60 m/h).

En pavimentos para carreteras con categorías de tráfico pesado T00 a T1, la central de fabricación estará dotada de un higrómetro dosificador de agua y de un sistema de registro y, en su caso, con visualización de la potencia absorbida por los motores de accionamiento de los mezcladores, y de las pesadas en los áridos, cemento, agua y eventuales aditivos.

Las tolvas para áridos deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y estarán provistas de dispositivos para evitar intercontaminaciones; su número mínimo será función del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Para el cemento a granel se utilizará una báscula independiente de la utilizada para los áridos. El mecanismo de carga estará enclavado contra un eventual cierre antes de que la tolva de pesada estuviera adecuadamente cargada. El de descarga contra una eventual apertura antes de que la carga del cemento en la tolva de pesada hubiera finalizado, y de que la masa del cemento en ella difiriera en menos del uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) de la especificada; además estará diseñado de forma que permita la regulación de la salida del cemento sobre los áridos.

La dosificación de los áridos se podrá efectuar por pesadas acumuladas en una (1) sola tolva o individualmente con una (1) tolva de pesada independiente para cada fracción.

En el primer caso, las descargas de las tolvas de alimentación y la descarga de la tolva de pesada estarán enclavadas entre sí, de forma que:

- No podrá descargar más de un (1) silo al mismo tiempo.
- El orden de descarga no podrá ser distinto al previsto.
- La tolva de pesada no se podrá descargar hasta que haya sido depositada en ella la cantidad requerida de cada uno de los áridos, y estén cerradas todas las descargas de las tolvas.
- La descarga de la tolva de pesada deberá estar enclavada contra una eventual apertura antes de que la masa de árido en la

tolva, difiera en menos de un uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) del acumulado de cada fracción.

Si se utilizasen tolvas de pesada independientes para cada fracción, todas ellas deberán poder ser descargadas simultáneamente. La descarga de cada tolva de pesada deberá estar enclavada contra una eventual apertura antes de que la masa de árido en ella difiera en menos de un dos por ciento ( $\pm 2\%$ ) de la especificada.

El enclavamiento no permitirá que se descargue parte alguna de la dosificación, hasta que todas las tolvas de los áridos y la del cemento estuvieran correctamente cargadas, dentro de los límites especificados. Una vez comenzada la descarga, quedarán enclavados los dispositivos de dosificación, de tal forma que no se pueda comenzar una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesada estén vacías, sus compuertas de descarga cerradas y los indicadores de masa de las balanzas a cero, con una tolerancia del tres por mil ( $\pm 0,3\%$ ) de su capacidad total.

Los dosificadores ponderales deberán estar aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos de la central, de forma que, cuando ésta funcione, sus lecturas, después de paradas las agujas, no difieran de la masa designada en más del uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) para el cemento, uno y medio por ciento ( $\pm 1,5\%$ ) para cada fracción del árido o uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) para el total de las fracciones si la masa de éstas se determinase conjuntamente. Su precisión no deberá ser inferior al cinco por mil ( $\pm 0,5\%$ ) para los áridos, ni al tres por mil ( $\pm 0,3\%$ ) para el cemento. El agua añadida se medirá en masa o volumen, con una precisión no inferior al uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) de la cantidad total requerida.

Una vez fijadas las proporciones de los componentes la única operación manual que se podrá efectuar para dosificar los áridos y el cemento de una amasada será la de accionamiento de interruptores o conmutadores. Los mandos del dosificador deberán estar en un compartimento fácilmente accesible, que pueda ser cerrado con llave cuando así se requiera.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con precisión suficiente, a juicio del Director de las Obras. Los aditivos en polvo se dosificarán en masa y los aditivos en forma de líquido o de pasta en masa o en volumen, con una precisión no inferior al tres por ciento ( $\pm 3\%$ ) de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga del mezclador deberán estar enclavados de tal

forma que, durante el funcionamiento del mezclador, no se pueda producir la descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de amasado previsto.

#### 550.4.2. Elementos de transporte

El transporte del hormigón fresco, desde la central de fabricación hasta el equipo de extensión, se realizará con camiones sin elementos de agitación, de forma que se impida toda segregación, exudación, evaporación de agua o intrusión de cuerpos extraños en aquél. Su caja deberá ser lisa y estanca, y estar perfectamente limpia, para lo cual se deberá disponer de un equipo adecuado. Estos camiones deberán siempre estar provistos de una lona o cobertor para proteger el hormigón fresco durante su transporte evitando la excesiva evaporación del agua o la intrusión de elementos extraños.

Deberán disponerse los equipos necesarios para la limpieza de los elementos de transporte antes de recibir una nueva carga de hormigón.

La producción horaria del equipo de transporte deberá ser capaz de suministrar el hormigón sin que la alimentación de la pavimentadora se interrumpa a la velocidad de avance aprobada por el Director de las Obras, considerada como mínimo de sesenta metros por hora (60 m/h).

#### 550.4.3. Equipos de puesta en obra del hormigón

##### 550.4.3.1. Pavimentadoras de encofrados deslizantes

El equipo de puesta en obra del hormigón estará integrado como mínimo por las siguientes máquinas:

- Un equipo para el reparto previo del hormigón fresco, con un espesor uniforme y a toda la anchura de pavimentación. En pavimentos de carreteras con categorías de tráfico pesado T00 a T2, se empleará una extendidora y en el resto de los casos el Director de las Obras podrá autorizar el empleo de una pala mecánica de cazo ancho.
- Una pavimentadora de encofrados deslizantes por cada capa de construcción, capaz de extender, vibrar y enrasar uniformemente el hormigón fresco. La que se emplee en la capa superior deberá realizar,

además, un fratasado de forma que se obtenga mecánicamente una terminación regular y homogénea, que no necesite retoques manuales.

La pavimentadora deberá estar equipada con un sistema de guía por cable, debiendo actuar los servomecanismos correctores apenas las desviaciones de la pavimentadora rebasen tres milímetros (3 mm) en alzado, o diez milímetros (10 mm) en planta.

La pavimentadora estará dotada de encofrados móviles de dimensiones, forma y resistencia suficientes para sostener el hormigón lateralmente durante el tiempo necesario para obtener la sección transversal prevista, sin asiento del borde de la losa. Tendrá los dispositivos adecuados acoplados para mantener limpios los caminos de rodadura del conjunto de los equipos de extensión y terminación.

La pavimentadora deberá poder compactar adecuadamente el hormigón fresco en toda la anchura del pavimento, mediante vibración interna aplicada por elementos cuya separación estará comprendida entre cuarenta y sesenta centímetros (40 a 60 cm), medidos entre sus centros. La separación entre el centro del vibrador extremo y la cara interna del encofrado correspondiente no excederá de quince centímetros (15 cm). La frecuencia de cada vibrador no será inferior a ochenta hertzios (80 Hz), y la amplitud será suficiente para ser perceptible en la superficie del hormigón fresco a una distancia de treinta centímetros (30 cm).

Los elementos vibratorios de las máquinas no se deberán apoyar sobre pavimentos terminados, y dejarán de funcionar en el instante en que éstas se detengan.

La longitud de la maestra enrasadora de la pavimentadora deberá ser suficiente para que no se aprecien ondulaciones en la superficie del hormigón extendido.

Si los pasadores o las barras de unión se insertan en el hormigón fresco por vibración, el equipo de inserción no requerirá que la pavimentadora se detenga y, para los pasadores, deberá estar dotado de un dispositivo que señale automáticamente su posición, a fin de garantizar que las juntas queden centradas en ellos con una tolerancia máxima de cincuenta milímetros (50 mm) respecto de la posición real.

Detrás del equipo de inserción de los pasadores, o si el hormigón se extiende en una única capa, la pavimentadora deberá ir provista de un fratas mecánico transversal oscilante, capaz de corregir todo tipo de irregularidades; así mismo se

arrastrará una arpillera mojada que borre las huellas producidas por el fratas. La arpillera consistirá en un paño de yute con un peso mínimo de trescientos gramos por metro cuadrado (300 g/m<sup>2</sup>), que cubra toda la superficie de terminación con una longitud de asiento al arrastrar mínima de un metro y medio (1,5 m). Además de mantenerse húmeda, se deberá cambiar o lavar periódicamente.

Para las categorías de tráfico pesado T2 a T4, si la junta longitudinal se ejecuta en fresco, la pavimentadora deberá ir provista de los dispositivos automáticos necesarios para dicha operación.

En pavimentos de carreteras con categorías de tráfico pesado T00 a T2, la pavimentadora para el hormigón extendido en una capa, o para la capa superior si se extiende en dos capas, estará dotada de un fratas mecánico longitudinal oscilante. Antes de la ejecución de la textura superficial, se arrastrará una arpillera mojada y lastrada a toda la anchura de la pavimentación, hasta borrar las huellas dejadas por el fratas.

#### 550.4.3.2. Equipos manuales de extensión del hormigón

En áreas pequeñas o reparaciones en las que se utilice hormigón con superplastificantes (reductores de agua de alta actividad), el Director de las Obras podrá autorizar su extensión y compactación por medios manuales. En este caso, para enrasar el hormigón se utilizará una regla vibrante ligera.

Si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares admitiera el fratasado manual, o si el Director de las Obras lo autorizara, en aquellos lugares que, por su forma o por su ubicación, no sea posible el empleo de máquinas, la superficie del hormigón se alisará y nivelará con fratas de longitud no inferior a cuatro metros (4 m) y una anchura no inferior a diez centímetros (10 cm), rigidizados con costillas y dotados de un mango suficientemente largo para ser manejados desde zonas adyacentes a la de extensión.

En carreteras con categorías de tráfico pesado T3 y T4, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá admitir el fratasado manual.

#### 550.4.4. Sierras

Las sierras para la ejecución de juntas en el hormigón endurecido deberán tener una potencia mínima de dieciocho caballos (18 CV) y su



número deberá ser suficiente para seguir el ritmo de hormigonado sin retrasarse, debiendo haber siempre al menos una (1) de reserva. El número necesario de sierras se determinará mediante ensayos de velocidad de corte del hormigón en el tramo de prueba. El tipo de disco deberá ser aprobado por el Director de las Obras.

Las sierras para juntas longitudinales deberán estar dotadas de una guía de referencia para asegurar que la distancia a los bordes del pavimento se mantiene constante.

#### 550.4.5. *Distribuidor del producto filmógeno de curado*

Los pulverizadores deberán asegurar un reparto continuo y uniforme en toda la anchura de la losa y en sus costados descubiertos, e ir provistos de dispositivos que proporcionen una adecuada protección del producto pulverizado contra el viento y de otro mecánico en el tanque de almacenamiento del producto, que lo mantendrá en continua agitación durante su aplicación.

En zonas pequeñas, irregulares o inaccesibles a dispositivos mecánicos, el Director de las Obras podrá autorizar el empleo de pulverizadores manuales.

### 550.5. Ejecución de las obras

#### 550.5.1. *Estudio y obtención de la fórmula de trabajo*

La producción del hormigón no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación y proporción ponderal en seco de cada fracción del árido en la amasada.
- La granulometría de los áridos combinados por los tamices 40 mm; 25 mm; 20 mm; 12,5 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 1 mm; 0,500 mm; 0,250 mm; 0,125 mm y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.
- La dosificación de cemento, la de agua y, eventualmente, la de cada aditivo, referidas a la amasada (en masa o en volumen según corresponda).

- La resistencia característica a flexotracción a siete (7) y veintiocho días (28 d).
- La consistencia del hormigón fresco y el contenido de aire ocluido.

Será preceptiva la realización de ensayos de resistencia a flexotracción para cada fórmula de trabajo, con objeto de comprobar que los materiales y medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón con las características exigidas. Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de seis (6) amasadas diferentes, confeccionando dos (2) series de dos (2) probetas por amasada, según la UNE 83301, admitiéndose para ello el empleo de una mesa vibrante. Dichas probetas se conservarán en las condiciones previstas en la citada norma, para ensayar a flexotracción, según la UNE 83305, una (1) serie de cada una de las amasadas a siete días (7 d) y la otra a veintiocho días (28 d).

La resistencia de cada amasada a una cierta edad se determinará como media de las probetas confeccionadas con hormigón de dicha amasada y ensayadas a dicha edad. La resistencia característica a una cierta edad se estimará como el noventa y seis por ciento (96%) de la mínima resistencia obtenida a dicha edad, en cualquier amasada.

Si la resistencia característica a siete días (7 d) resultara superior al ochenta por ciento (80%) de la especificada a veintiocho días (28 d), y no se hubieran obtenido resultados del contenido de aire ocluido y de la consistencia fuera de los límites establecidos, se podrá proceder a la realización de un tramo de prueba con ese hormigón. En caso contrario, se deberá esperar a los veintiocho días (28 d) y, se introducirán los ajustes necesarios en la dosificación, y se repetirán los ensayos de resistencia.

Si la marcha de las obras lo aconsejase, el Director de las mismas podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, que se justificará mediante los ensayos oportunos. En todo caso, se estudiará y aprobará una nueva fórmula siempre que varíe la procedencia de alguno de los componentes, o si, durante la producción, se rebasasen las tolerancias establecidas en este artículo.

#### 550.5.2. *Preparación de la superficie de asiento*

Se comprobará la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que vaya a extenderse el hormigón. El Pliego de Prescripciones

Técnicas Particulares o, en su defecto el Director de las Obras deberá indicar las medidas necesarias para obtener dicha regularidad superficial y en su caso como subsanar las deficiencias.

Antes de la puesta en obra del hormigón, si la superficie de apoyo fuera de hormigón magro, se colocará una lámina de material plástico como separación entre ambas capas.

Las láminas de plástico se colocarán con solapes no inferiores a quince centímetros (15 cm). El solape tendrá en cuenta la pendiente longitudinal y transversal, para asegurar la impermeabilidad.

Se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo al personal y equipos que sean imprescindibles para la ejecución del pavimento. En este caso, se tomarán todas las precauciones que exigiera el Director de las Obras, cuya autorización será preceptiva.

En época seca y calurosa, y siempre que sea previsible una pérdida de humedad del hormigón, el Director de las Obras podrá exigir que la superficie de apoyo se riegue ligeramente con agua, inmediatamente antes de la extensión, de forma que ésta quede húmeda pero no encharcada, eliminándose las acumulaciones que hubieran podido formarse.

### 550.5.3. Fabricación del hormigón

#### 550.5.3.1. Acopio de áridos

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas de áridos. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

El número de fracciones no podrá ser inferior a tres (3). El Director de las Obras podrá exigir un mayor número de fracciones, si lo estimara necesario para mantener la composición y características del hormigón.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás para evitar que se produzcan contaminaciones entre ellas. Si los acopios se fueran a disponer sobre el terreno natural, se drenará la plataforma y no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos, a no ser que se pavimente la zona de acopio. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior

a un metro y medio (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptación; esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un árido. No se emplearán métodos de transporte desde los acopios a las tolvas de la central que pudieran causar segregación, degradación o mezcla de fracciones de distintos tamaños.

El volumen mínimo de acopios antes de iniciar la producción de la mezcla no deberá ser inferior al cincuenta por ciento (50%) en carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2.

#### 550.5.3.2. Suministro y acopio de cemento

El cemento se suministrará y acopiará de acuerdo con el artículo 202 de este Pliego. La masa mínima de cemento acopiado en todo momento no deberá ser inferior a la necesaria para la fabricación del hormigón durante una jornada y media (1,5) a rendimiento normal. El Director de las Obras podrá autorizar la reducción de este límite a una (1) jornada, si la distancia entre la central de hormigonado y la fábrica de cemento fuera inferior a cien kilómetros (100 km).

#### 550.5.3.3. Acopio de aditivos

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación; los sacos de productos en polvo se almacenarán en sitio ventilado y defendido, tanto de la intemperie como de la humedad del suelo y de las paredes. Los aditivos suministrados en forma líquida, y los pulverulentos diluidos en agua, se almacenarán en depósitos estancos y protegidos de las heladas, equipados de elementos agitadores para mantener los sólidos en suspensión.

#### 550.5.3.4. Amasado del hormigón

La carga de cada una de las tolvas de áridos se realizará de forma que el contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por



ciento (50 a 100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del árido fino, aun cuando ésta fuera de un (1) único tipo y granulometría, se efectuará dividiendo la carga entre dos (2) tolvas.

El amasado se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de todos los componentes. La cantidad de agua añadida a la mezcla será la necesaria para alcanzar la relación agua/cemento fijada por la fórmula de trabajo; para ello, se tendrá en cuenta el agua aportada por la humedad de los áridos, especialmente del árido fino.

Los aditivos en forma líquida o en pasta se añadirán al agua de amasado, mientras que los aditivos en polvo se deberán introducir en el mezclador junto con el cemento o los áridos.

A la descarga del mezclador todo el árido deberá estar uniformemente distribuido en el hormigón fresco, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de pasta de cemento. Los tiempos de mezcla y amasado necesarios para lograr una mezcla homogénea y uniforme, sin segregación, así como la temperatura máxima del hormigón al salir del mezclador serán fijados durante la realización del tramo de prueba especificado en el apartado 550.6. Si se utilizase hielo para enfriar el hormigón, la descarga no comenzará hasta que se hubiera fundido en su totalidad, y se tendrá en cuenta para la relación agua/cemento (a/c).

Antes de volver a cargar el mezclador, se vaciará totalmente su contenido. Si hubiera estado parado más de treinta minutos (30 min), se limpiará perfectamente antes de volver a verter materiales en él. De la misma manera se procederá, antes de comenzar la fabricación de hormigón con un nuevo tipo de cemento.

El Director de las Obras podrá autorizar el empleo de hormigón preparado y su transporte en camiones-hormigonera exclusivamente para arceles y superficies de pavimentación muy reducidas.

#### 550.5.4. *Transporte del hormigón*

El transporte del hormigón fresco desde la central de fabricación hasta su puesta en obra se realizará tan rápidamente como sea posible. No se mezclarán masas frescas fabricadas con distintos tipos de cemento. El hormigón transporta-

do en vehículo abierto se protegerá con cobertores contra la lluvia o la desecación.

La máxima caída libre vertical del hormigón fresco en cualquier punto de su recorrido no excederá de un metro y medio (1,5 m) y, si la descarga se hiciera al suelo, se procurará que se realice lo más cerca posible de su ubicación definitiva, reduciendo al mínimo posteriores manipulaciones.

#### 550.5.5. *Elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para pavimentadoras de encofrados deslizantes*

La distancia entre piquetes que sostengan el cable de guiado de las pavimentadoras de encofrados deslizantes no podrá ser superior a diez metros (10 m); dicha distancia se reducirá a cinco metros (5 m) en curvas de radio inferior a quinientos metros (500 m) y en acuerdos verticales de parámetro inferior a dos mil metros (2.000 m). Se tensará el cable de forma que su flecha entre dos piquetes consecutivos no sea superior a un milímetro (1 mm).

Donde se hormigone una franja junto a otra existente, se podrá usar ésta como guía de las máquinas. En este caso, deberá haber alcanzado una edad mínima de tres días (3 d) y se protegerá la superficie de la acción de las orugas interponiendo bandas de goma, chapas metálicas u otros materiales adecuados, a una distancia conveniente del borde. Si se observan daños estructurales o superficiales en los caminos de rodadura, se suspenderá el hormigonado, reanudándolo cuando aquél hubiera adquirido la resistencia necesaria, o adoptando precauciones suficientes para que no se vuelvan a producir daños.

Los caminos de rodadura de las orugas estarán suficientemente compactados para permitir su paso sin deformaciones, y se mantendrán limpios. No deberán presentar irregularidades superiores a quince milímetros (15 mm).

#### 550.5.6. *Colocación de los elementos de las juntas*

Los elementos de las juntas se atenderán a los Planos y al Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Los pasadores se colocarán paralelos entre sí y al eje de la calzada. La máxima desviación, tanto en planta como en alzado, de la posición del eje de un pasador respecto a la teórica será de veinte milímetros (20 mm). La máxima desviación angular respecto a la dirección teórica del eje de cada pasador, medida por la posición de sus extremos, será de diez milímetros (10 mm) si se insertan por vibración, o de cinco milímetros (5 mm), medidos antes del vertido del hormigón, si se colocan previamente al mismo.

Si los pasadores no se insertan por vibración en el hormigón fresco, se dispondrán sobre una cuna de varillas metálicas, suficientemente sólidas y con uniones soldadas, que se fijará firmemente a la superficie de apoyo. La rigidez de la cuna en su posición definitiva será tal, que al aplicar a un extremo de cualquier pasador una fuerza de ciento veinte newtons (120 N) en dirección horizontal o vertical, el desplazamiento del extremo del pasador no será superior a un cinco por mil (0,5%) de su longitud.

Las barras de unión deberán quedar colocadas en el tercio (1/3) central del espesor de la losa.

### 550.5.7. Puesta en obra del hormigón

La puesta en obra del hormigón se realizará con pavimentadoras de encofrados deslizantes. La descarga y la extensión previa del hormigón en toda la anchura de pavimentación se realizarán de modo suficientemente uniforme para no desequilibrar el avance de la pavimentadora; esta precaución se deberá extremar al hormigonar en rampa.

Se cuidará que delante de la maestra enrasadora se mantenga en todo momento, y en toda la anchura de pavimentación, un volumen suficiente de hormigón fresco en forma de cordón de unos diez centímetros (10 cm) como máximo de altura; delante de los fratasés de acabado se mantendrá un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

Donde la calzada tuviera dos (2) o más carriles en el mismo sentido de circulación, se hormigonarán al menos dos (2) carriles al mismo tiempo, salvo indicación expresa en contrario, del Director de las Obras.

Se dispondrán pasarelas móviles con objeto de facilitar la circulación del personal y evitar daños al hormigón fresco, y los tajos de hormigonado deberán tener todos sus accesos bien señ-

lizados y acondicionados para proteger el pavimento recién construido.

Donde el Director de las Obras autorizase la extensión y compactación del hormigón por medios manuales, se mantendrá siempre un volumen suficiente de hormigón delante de la regla vibrante, y se continuará compactando hasta que se haya conseguido la forma prevista y el mortero refluya ligeramente a la superficie.

### 550.5.8. Colocación de armaduras en pavimentos continuos de hormigón armado

Las armaduras se dispondrán en las zonas y en la forma que se indiquen en los Planos, paralelas a la superficie del pavimento, limpias de óxido no adherente, aceites, grasas y otras materias que puedan afectar la adherencia del acero con el hormigón. Si fuera preciso, se sujetarán para impedir todo movimiento durante el hormigonado. Cuando se dispongan sobre cunas o soportes, estos deberán soportar una fuerza puntual de dos y medio kilonewtons (2,5 kN) sin deformación visible.

La tolerancia máxima en el espaciamiento entre armaduras longitudinales será de dos centímetros (2 cm).

Si se disponen armaduras transversales, éstas se colocarán por debajo de las longitudinales. El recubrimiento de las armaduras longitudinales no será inferior a cinco centímetros (5 cm), ni superior a siete centímetros (7 cm).

Si no se uniesen mediante soldadura a tope, las armaduras longitudinales se solaparán en una longitud mínima de treinta (30) diámetros. El número de solapes en cualquier sección transversal no excederá del veinte por ciento (20%) del total de armaduras longitudinales contenidas en dicha sección.

Las armaduras se interrumpirán diez centímetros (10 cm) a cada lado de las juntas de dilatación.

### 550.5.9. Ejecución de juntas en fresco

En la junta longitudinal de hormigonado entre una franja y otra ya construida, antes de hormigonar aquélla se aplicará al canto de ésta un producto que evite la adherencia del hormi-

gón nuevo al antiguo. Se prestará la mayor atención y cuidado a que el hormigón que se coloque a lo largo de esta junta sea homogéneo y quede perfectamente compactado. Si se observan desperfectos en el borde construido, se corregirán antes de aplicar el producto antiadherente.

Las juntas transversales de hormigonado en pavimentos de hormigón en masa, irán siempre provistas de pasadores, y se dispondrán al final de la jornada, o donde se hubiera producido por cualquier causa una interrupción en el hormigonado que hiciera temer un comienzo de fraguado, según el apartado 550.8.1. Siempre que sea posible se harán coincidir estas juntas con una de contracción o de dilatación, modificando si fuera preciso la situación de aquéllas; de no ser así, se dispondrán a más de un metro y medio (1,5 m) de distancia de la junta más próxima.

En pavimentos de hormigón armado continuo se evitará la formación de juntas transversales de hormigonado, empleando un retardador de fraguado. En caso contrario se duplicará la armadura longitudinal hasta una distancia de un metro (1 m) a cada lado de la junta.

Las juntas longitudinales se podrán realizar mediante la inserción en el hormigón fresco de una tira continua de material plástico o de otro tipo aprobado por el Director de las Obras. Se permitirán empalmes en dicha tira siempre que se mantenga la continuidad del material de la junta. Después de su colocación, el eje vertical de la tira formará un ángulo mínimo de ochenta grados sexagesimales (80°) con la superficie del pavimento. La parte superior de la tira no podrá quedar por encima de la superficie del pavimento, ni a más de cinco milímetros (5 mm) por debajo de ella.

## 550.5.10. Terminación

### 550.5.10.1. Generalidades

Se prohibirá el riego con agua o la extensión de mortero sobre la superficie del hormigón fresco para facilitar su acabado. Donde fuera necesario aportar material para corregir una zona baja, se empleará hormigón aún no extendido. En todo caso, se eliminará la lechada de la superficie del hormigón fresco.

### 550.5.10.2. Terminación con pavimentadoras de encofrados deslizantes

La superficie del pavimento no deberá ser retocada, salvo en zonas aisladas, comprobadas con reglas de longitud no inferior a cuatro metros (4 m). En este caso el Director de las Obras podrá autorizar un fratasado manual, en la forma indicada en el apartado 550.4.3.2.

### 550.5.10.3. Terminación de los bordes

Terminadas las operaciones de fratasado descritas en el apartado anterior, y mientras el hormigón esté todavía fresco, se redondearán cuidadosamente los bordes de las losas con una llana curva de doce milímetros (12 mm) de radio.

### 550.5.10.4. Textura superficial

Además de lo especificado en el apartado 550.4.3.1 referente a fratas y arpillera, una vez acabado el pavimento y antes de que comience a fraguar el hormigón, se dará a su superficie una textura homogénea, según determine el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras. Dicha textura podrá consistir en un estriado o ranurado, longitudinal en la calzada y longitudinal o transversal en los arcenes.

La textura superficial por estriado se obtendrá por la aplicación manual o mecánica de un cepillo con púas de plástico, alambre, u otro material aprobado por el Director de las Obras, que produzca estriás sensiblemente paralelas o perpendiculares al eje de la calzada, según se trate de una textura longitudinal o transversal.

La textura superficial por ranurado se obtendrá mediante un peine con varillas de plástico, acero, u otro material o dispositivo aprobado por el Director de las Obras, que produzca ranuras relativamente paralelas entre sí.

Para las carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T1, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá prever, o el Director de las Obras autorizar, la sustitución de las texturas por estriado o ranurado por una denudación química de la superficie del hormigón fresco, obtenida mediante la aplicación de un retardador de fraguado y la posterior eliminación por barrido con agua

del mortero no fraguado. También podrá prever la incrustación de gravilla en la superficie del hormigón fresco combinada con la denudación. En ese caso la gravilla deberá cumplir lo especificado en el apartado 550.2.3.1.3 y, salvo justificación en contrario, la dotación será de cinco kilogramos por metro cuadrado (5 kg/m<sup>2</sup>).

La aplicación del retardador de fraguado tendrá lugar antes de transcurridos quince minutos (15 min) de la puesta en obra, extendiendo a continuación una membrana impermeable, que se mantendrá hasta la eliminación del mortero. Esta operación se realizará antes de transcurridas veinticuatro horas (24 h), salvo que el fraguado insuficiente del hormigón requiera alargar este periodo.

### 550.5.11. Numeración y marcado de las losas

Una vez dada la textura al pavimento, las losas exteriores de la calzada se numerarán con tres (3) dígitos, aplicando una plantilla al hormigón fresco. El marcado tendrá una profundidad mínima de cinco milímetros (5 mm), con cifras de diez centímetros (10 cm) de altura y a una distancia de treinta centímetros (30 cm) del borde o junta longitudinal y de la junta transversal. Cuando se emplee el denudado, se tomarán medidas para evitar este en las zonas de marcado.

Se numerará al menos una (1) losa de cada dos (2), en sentido de avance de la pavimentadora, volviendo a comenzarse la numeración en cada hito kilométrico.

Se marcará el día de hormigonado en la primera losa ejecutada ese día. En los pavimentos continuos de hormigón armado, se marcará el día en los dos extremos de la losa.

### 550.5.12. Protección y curado del hormigón fresco

#### 550.5.12.1. Generalidades

Durante el primer período de endurecimiento, se protegerá el hormigón fresco contra el lavado por lluvia, contra la desecación rápida, especialmente en condiciones de baja humedad relativa del aire, fuerte insolación o viento y contra enfriamientos bruscos o congelación.

Si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras,

lo exige, se colocará una tienda sobre las máquinas de puesta en obra o un tren de tejadillos bajos de color claro, cerrados y móviles, que cubran una longitud de pavimento igual, al menos, a cincuenta metros (50 m). Alternativamente, el Director de las Obras podrá autorizar la utilización de una lámina de plástico o un producto de curado resistente a la lluvia.

El hormigón se curará con un producto filmógeno durante el plazo que fije el Director de las Obras, salvo que éste autorice el empleo de otro sistema. Deberán someterse a curado todas las superficies expuestas de la losa, incluidos sus bordes, apenas queden libres.

Durante un período que, salvo autorización expresa del Director de las Obras, no será inferior a tres días (3 d) a partir de la puesta en obra del hormigón, estará prohibido todo tipo de circulación sobre el pavimento recién ejecutado, con excepción de la imprescindible para aserrar juntas y comprobar la regularidad superficial.

#### 550.5.12.2. Curado con productos filmógenos

Si para el curado se utilizasen productos filmógenos, se aplicarán apenas hubieran concluido las operaciones de acabado y no quedase agua libre en la superficie del pavimento.

El producto de curado será aplicado, en toda la superficie del pavimento, por medios mecánicos que aseguren una pulverización del producto en un rocío fino, de forma continua y uniforme, con la dotación aprobada por el Director de las Obras, que no podrá ser inferior a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado (250 g/m<sup>2</sup>).

Se volverá a aplicar producto de curado sobre los labios de las juntas recién serradas y sobre las zonas mal cubiertas o donde, por cualquier circunstancia, la película formada se haya estropeado durante el período de curado.

En condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes vientos o lluvia, el Director de las Obras podrá exigir que el producto de curado se aplique antes y con mayor dotación.

#### 550.5.12.3. Curado por humedad

En las categorías de tráfico pesado T3 y T4 el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrá autorizar el cura-

do de la superficie por humedad, en cuyo caso, se cubrirá con arpilleras, esterillas u otros materiales análogos de alto poder de retención de humedad, que se mantendrán saturados durante el período de curado, apenas el hormigón hubiera alcanzado una resistencia suficiente para no perjudicar a la textura superficial. Dichos materiales no deberán estar impregnados ni contaminados por sustancias perjudiciales para el hormigón, o que pudieran teñir o ensuciar su superficie.

Mientras que la superficie del hormigón no se cubra con los materiales previstos, se mantendrá húmeda adoptando las precauciones necesarias para que en ninguna circunstancia se deteriore el acabado superficial del hormigón.

#### 550.5.12.4. Protección térmica

Durante el período de curado, el hormigón deberá protegerse contra la acción de la helada o de un enfriamiento rápido. En el caso de que se tema una posible helada, se protegerá con una membrana de plástico lastrada contra el viento y aprobada por el Director de las Obras, hasta el día siguiente a su puesta en obra.

Si fuera probable el enfriamiento brusco de un hormigón sometido a elevadas temperaturas diurnas, como en caso de lluvia después de un soleamiento intenso o de un descenso de la temperatura ambiente en más de quince grados Celsius (15 °C) entre el día y la noche, se deberá proteger el pavimento en la forma indicada en el párrafo anterior, o se anticipará el aserrado de las juntas, tanto transversales como longitudinales, para evitar la fisuración del pavimento.

#### 550.5.13. Ejecución de juntas serradas

En juntas transversales, el hormigón endurecido se serrará de forma y en instante tales, que el borde de la ranura sea limpio y no se hayan producido anteriormente grietas de retracción en su superficie. En todo caso el serrado tendrá lugar antes de transcurridas veinticuatro horas (24 h) desde la puesta en obra.

Las juntas longitudinales se podrán serrar en cualquier momento, después de transcurridas veinticuatro horas (24 h), y antes de las setenta y dos horas (72 h) desde la terminación del pavimento, siempre que se asegure que no habrá circulación alguna, ni siquiera la de obra, hasta que se haya hecho esta operación. No obstante,

cuando se espere un descenso de la temperatura ambiente de más de quince grados Celsius (15 °C) entre el día y la noche, las juntas longitudinales se serrarán al mismo tiempo que las transversales.

Si el sellado de las juntas lo requiere, y con la aprobación del Director de las Obras, el serrado se podrá realizar en dos (2) fases: la primera hasta la profundidad definida en los Planos, y practicando, en la segunda, un ensanche en la parte superior de la ranura para poder introducir el producto de sellado.

Si a causa de un serrado prematuro se astillaran los labios de las juntas, se repararán con un mortero de resina epoxi aprobado por el Director de las Obras.

Hasta el sellado de las juntas, o hasta la apertura del pavimento a la circulación si no se fueran a sellar, aquéllas se obturarán provisionalmente con cordeles u otros elementos similares, de forma que se evite la introducción de cuerpos extraños en ellas.

#### 550.5.14. Sellado de las juntas

Terminado el período de curado del hormigón y si está previsto el sellado de las juntas, se limpiarán enérgica y cuidadosamente el fondo y los labios de la ranura, utilizando para ello un cepillo giratorio de púas metálicas, discos de diamante u otro procedimiento que no produzca daños en la junta, y dando una pasada final con aire comprimido. Finalizada esta operación, se imprimirán los labios con un producto adecuado, si el tipo de material de sellado lo requiere.

Posteriormente se colocará el material de sellado previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Se cuidará especialmente la limpieza de la operación, y se recogerá cualquier sobrante de material. El material de sellado deberá quedar conforme a los Planos.

#### 550.6. Tramo de prueba

Adoptada una fórmula de trabajo, según el apartado 550.5.1, se procederá a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de hormigonado y espesor que se vayan a utilizar en la obra.



La longitud del tramo de prueba definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá ser, como mínimo, de doscientos metros (200 m). El Director de las Obras determinará si fuera aceptable su realización como parte integrante de la obra de construcción.

En el tramo de prueba se comprobará que:

- Los medios de vibración serán capaces de compactar adecuadamente el hormigón en todo el espesor del pavimento.
- Se podrán cumplir las prescripciones de textura y regularidad superficial.
- El proceso de protección y curado del hormigón fresco será adecuado.
- Las juntas se realizarán correctamente.

Si la ejecución no fuese satisfactoria, se procederá a la realización de sucesivos tramos de prueba, introduciendo las oportunas variaciones en los equipos o métodos de puesta en obra. No se podrá proceder a la construcción del pavimento en tanto que un tramo de prueba no haya sido aprobado por el Director de las Obras.

El curado del tramo de prueba se prolongará durante el período prescrito en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y a los cincuenta y cuatro días (54 d) de su puesta en obra, se extraerán de él seis (6) testigos cilíndricos, según la UNE 83302, situados en emplazamientos aleatorios que disten entre sí un mínimo de siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y separados más de cincuenta centímetros (50 cm) de cualquier junta o borde. Estos testigos se ensayarán a tracción indirecta, según la UNE 83306, a cincuenta y seis días (56 d), después de haber sido conservados durante las cuarenta y ocho horas (48 h) anteriores al ensayo en las condiciones previstas en la UNE 83302. El valor medio de los resultados de estos ensayos servirá de base para su comparación con los resultados de los ensayos de información, a los que se refiere el apartado 550.10.1.2.

## 550.7. Especificaciones de la unidad terminada

### 550.7.1. Resistencia

La resistencia característica a flexotracción a veintiocho días (28 d) cumplirá lo indicado en el apartado 550.3.

### 550.7.2. Alineación, rasante, espesor y anchura

Las desviaciones en planta respecto a la alineación teórica, no deberán ser superiores a tres centímetros (3 cm), y la superficie de la capa deberá tener las pendientes indicadas en los planos.

La rasante de la superficie acabada no deberá quedar por debajo de la teórica, en más de diez milímetros (10 mm), ni rebasar a ésta en ningún punto. El espesor del pavimento no podrá ser inferior, en ningún punto, al previsto en los Planos de secciones tipo. En todos los perfiles se comprobará la anchura del pavimento, que en ningún caso podrá ser inferior a la teórica deducida de la sección tipo de los Planos.

### 550.7.3. Regularidad superficial

El Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, no superará los valores indicados en la tabla 550.3.

**Tabla 550.3**  
**Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm)**

Porcentaje de hectómetros	Tipo de vía	
	Calzadas de autopistas y autovías	Resto de vías
50	< 1,5	< 1,5
80	< 1,8	< 2,0
100	< 2,0	< 2,5

### 550.7.4. Textura superficial

La superficie de la capa deberá presentar una textura uniforme y exenta de segregaciones.

La profundidad de la textura superficial, determinada por el método del círculo de arena, según la NLT-335, deberá estar comprendida entre sesenta centésimas de milímetro (0,60 mm) y noventa centésimas de milímetro (0,9 mm).

### 550.7.5. Integridad

Las losas no deberán presentar grietas, salvo las excepciones consideradas en el apartado 550.10.2.

## 550.8. Limitaciones de la ejecución

### 550.8.1. Generalidades

Se interrumpirá el hormigonado cuando llueva con una intensidad que pudiera, a juicio del Director de las Obras, provocar la deformación del borde de las losas o la pérdida de la textura superficial del hormigón fresco.

La descarga del hormigón transportado deberá realizarse antes de que haya transcurrido un período máximo de cuarenta y cinco minutos (45 min), a partir de la introducción del cemento y de los áridos en el mezclador. El Director de las Obras podrá aumentar este plazo si se utilizan retardadores de fraguado, o disminuirlo si las condiciones atmosféricas originan un rápido endurecimiento del hormigón.

No deberá transcurrir más de una hora (1 h) entre la fabricación del hormigón y su terminación. El Director de las Obras podrá aumentar este plazo hasta un máximo de dos horas (2 h), si se emplean cementos cuyo principio de fraguado no tenga lugar antes de dos horas y media (2 h 30 min), si se adoptan precauciones para retrasar el fraguado del hormigón o si las condiciones de humedad y temperatura son favorables. En ningún caso se colocarán en obra amasadas que acusen un principio de fraguado, o que presenten segregación o desecación.

Salvo que se instale una iluminación suficiente, a juicio del Director de las Obras, el hormigonado del pavimento se detendrá con la antelación suficiente para que el acabado se pueda concluir con luz natural.

Si se hormigona en dos (2) capas, se extenderá la segunda lo más rápidamente posible, antes de que comience el fraguado del hormigón de la primera. En cualquier caso, entre la puesta en obra de ambas capas no deberá transcurrir más de una hora (1 h).

Si se interrumpe la puesta en obra por más de media hora (1/2 h) se cubrirá el frente de hormigonado de forma que se impida la evaporación del agua. Si el plazo de interrupción fuera superior al máximo admitido entre la fabricación y puesta en obra del hormigón, se dispondrá una junta de hormigonado transversal, según lo indicado en el apartado 550.5.9.

### 550.8.2. Limitaciones en tiempo caluroso

En tiempo caluroso se extremarán las precauciones, de acuerdo con las indicaciones del Director de las Obras, a fin de evitar desecaciones superficiales y fisuraciones.

Apenas la temperatura ambiente rebasa los veinticinco grados Celsius (25 °C), se controlará constantemente la temperatura del hormigón, la cual no deberá rebasar en ningún momento los treinta grados Celsius (30 °C). El Director de las Obras podrá ordenar la adopción de precauciones suplementarias a fin de que el material que se fabrique no supere dicho límite.

### 550.8.3. Limitaciones en tiempo frío

La temperatura de la masa de hormigón, durante su puesta en obra, no será inferior a cinco grados Celsius (5 °C) y se prohibirá la puesta en obra del hormigón sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0 °C).

En general, se suspenderá la puesta en obra siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados Celsius (0 °C). En los casos que, por absoluta necesidad, se realice la puesta en obra en tiempo con previsión de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.

Si, a juicio del Director de las Obras, hubiese riesgo de que la temperatura ambiente llegase a bajar de cero grados Celsius (0 °C) durante las primeras veinticuatro horas (24 h) de endurecimiento del hormigón, el Contratista deberá proponer precauciones complementarias, las cuales deberán ser aprobadas por el Director de las Obras. Si se extendiese una lámina de plástico de protección sobre el pavimento, se mantendrá hasta el aserrado de las juntas.

El sellado de juntas en caliente se suspenderá, salvo indicación expresa del Director de las Obras, cuando la temperatura ambiente baje de



cinco grados Celsius (5 °C), o en caso de lluvia o viento fuerte.

#### 550.8.4. *Apertura a la circulación*

El paso de personas y de equipos, para el aseado y la comprobación de la regularidad superficial, podrá autorizarse cuando hubiera transcurrido el plazo necesario para que no se produzcan desperfectos superficiales, y se hubiera secado el producto filmógeno de curado, si se emplea este método.

El tráfico de obra no podrá circular sobre el pavimento hasta que éste no haya alcanzado una resistencia a flexotracción del ochenta por ciento (80%) de la exigida a veintiocho días (28 d). Todas las juntas que no hayan sido obturadas provisionalmente con un cordón deberán sellarse lo más rápidamente posible.

La apertura a la circulación no podrá realizarse antes de siete días (7 d) de la terminación del pavimento.

### 550.9. Control de calidad

#### 550.9.1. *Control de procedencia de los materiales*

##### 550.9.1.1. *Control de procedencia del cemento*

Se seguirán las prescripciones del artículo 202 de este Pliego.

##### 550.9.1.2. *Control de procedencia de los áridos*

Si con los áridos se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo o documento acreditativo de la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad del árido, según lo indicado en el apartado 550.12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia de los áridos no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que correspondan al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el apartado anterior, de cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada fracción de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
- La proporción de partículas silíceas del árido fino, según la NLT-371.
- La granulometría de cada fracción, especialmente del árido fino, según la UNE-EN 933-1.
- El equivalente de arena del árido fino, según la UNE-EN 933-8.

El Director de las Obras podrá ordenar la repetición de estos ensayos sobre nuevas muestras, y la realización del siguiente ensayo adicional:

- Contenido de partículas arcillosas del árido fino, según la UNE 7133.

#### 550.9.2. *Control de calidad de los materiales*

##### 550.9.2.1. *Control de calidad del cemento*

De cada partida de cemento que llegue a la central de fabricación se llevará a cabo su recepción, según los criterios contenidos en el artículo 202 de este Pliego.

##### 550.9.2.2. *Control de calidad de los áridos*

Se examinará la descarga al acopio o alimentación de la central de fabricación, desechando los áridos que, a simple vista, presentasen restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo. Se acopiarán aparte aquéllos que presentasen alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc. y se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus separadores y accesos.

Sobre cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

- Al menos dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde:
  - Granulometría, según la UNE-EN 933-1.
  - Equivalente de arena del árido fino, según la UNE-EN 933-8.
  - En su caso, el contenido de partículas arcillosas del árido fino, según la UNE 7133.
  - Índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
  - Proporción de finos que pasan por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.
- Al menos una (1) vez al mes, y siempre que cambie el suministro de una procedencia aprobada:
  - Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
  - Sustancias perjudiciales, según la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

### 550.9.3. Control de ejecución

#### 550.9.3.1. Fabricación

Se tomará diariamente al menos una (1) muestra de la mezcla de áridos, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1. Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.

Se tomarán muestras a la descarga del mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- En cada elemento de transporte:
  - Control del aspecto del hormigón y, en su caso, medición de su temperatura. Se rechazarán todos los hormigones segregados o cuya envuelta no sea homogénea.
- Al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde):
  - Contenido de aire ocluido en el hormigón, según la UNE 83315.

- Consistencia, según la UNE 83313.
- Fabricación de probetas para ensayo a flexotracción, según la UNE 83301, admitiéndose también el empleo de mesa vibrante. Dichas probetas se conservarán en las condiciones previstas en la citada norma.

El número de amasadas diferentes para el control de la resistencia de cada una de ellas en un mismo lote hormigonado, no deberá ser inferior a tres (3) en carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2, ni inferior a dos (2) en las demás. Por cada amasada controlada se fabricarán, al menos, dos (2) probetas.

#### 550.9.3.2. Puesta en obra

Se medirán la temperatura y humedad relativa del ambiente mediante un termohigrógrafo registrador, para tener en cuenta las limitaciones del apartado 550.8.

Al menos dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde, así como siempre que varíe el aspecto del hormigón, se medirá su consistencia. Si el resultado obtenido rebasa los límites establecidos respecto de la fórmula de trabajo, se rechazará la amasada.

Se comprobará frecuentemente el espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras, así como la composición y forma de actuación del equipo de puesta en obra, verificando la frecuencia y amplitud de los vibradores.

#### 550.9.3.3. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes al pavimento de hormigón:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

No obstante lo anterior, en lo relativo a integridad del pavimento la unidad de aceptación o

rechazo será la losa individual, enmarcada entre juntas.

Al día siguiente de aquél en que se haya hormigonado, se determinará, en emplazamientos aleatorios, la profundidad de la textura superficial por el método del círculo de arena, según la NLT-335, con la frecuencia fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o la que, en su defecto, señale el Director de las Obras. El número mínimo de puntos a controlar por cada lote será de dos (2), que se ampliarán a cinco (5) si la textura de alguno de los dos primeros es inferior a la prescrita. Después de diez (10) lotes aceptados, el Director de las Obras podrá reducir la frecuencia de ensayo.

El espesor de las losas y la homogeneidad del hormigón se comprobarán mediante extracción de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, con la frecuencia fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o que, en su defecto, señale el Director de las Obras. El número mínimo de puntos a controlar por cada lote será de dos (2), que se ampliarán a cinco (5) si el espesor de alguno de los dos primeros resultara ser inferior al prescrito o su aspecto indicara una compactación inadecuada. Los agujeros producidos se rellenarán con hormigón de la misma calidad que el utilizado en el resto del pavimento, el cual será correctamente enrasado y compactado. El Director de las Obras determinará si los testigos han de romperse a tracción indirecta en la forma indicada en el apartado 550.6, pudiendo servir como ensayos de información, según el apartado 550.10.1.2.

Las probetas de hormigón, conservadas en las condiciones previstas en la UNE 83301, se ensayarán a flexotracción a veintiocho días (28 d), según la UNE 83305. El Director de las Obras podrá ordenar la realización de ensayos complementarios a siete días (7 d).

En todos los semiperfiles se comprobará que la superficie extendida presenta un aspecto uniforme, así como la ausencia de defectos superficiales importantes tales como segregaciones, falta de textura superficial, etc.

Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 550.7.3. La comprobación de la regularidad superficial de toda la longitud de la obra tendrá lugar además antes de la recepción definitiva de las obras.

## 550.10. Criterios de aceptación o rechazo

### 550.10.1. Resistencia mecánica

#### 550.10.1.1. Ensayos de control

A partir de la resistencia característica estimada a flexotracción para cada lote por el procedimiento fijado en este artículo, se aplicarán los siguientes criterios:

- Si la resistencia característica estimada no fuera inferior a la exigida, se aceptará el lote.
- Si fuera inferior a ella, pero no a su noventa por ciento (90%), el Contratista podrá elegir entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o solicitar la realización de ensayos de información. Dichas sanciones no podrán ser inferiores a la aplicación de una penalización al precio unitario del lote, cuya cuantía sea igual al doble de la merma de resistencia, expresadas ambas en proporción.
- Si la resistencia característica estimada fuera inferior al noventa por ciento (90%) de la exigida, se realizarán ensayos de información.

La resistencia de cada amasada a una determinada edad, se determinará como media de las resistencias de las probetas fabricadas con hormigón de dicha amasada y ensayadas a dicha edad. A partir de la mínima resistencia obtenida en cualquier amasada del lote, se podrá estimar la característica multiplicando aquélla por un coeficiente dado por la tabla 550.4.

**Tabla 550.4**  
**Coeficiente multiplicador en función del número de amasadas**

Número de amasadas controladas en el lote	Coeficiente multiplicador
2	0,88
3	0,91
4	0,93
5	0,95
6	0,96

### 550.10.1.2. Ensayos de información

Antes de transcurridos cincuenta y cuatro días (54 d) de su puesta en obra, se extraerán del lote seis (6) testigos cilíndricos, según la UNE 83302, situados en emplazamientos aleatorios que disten entre sí un mínimo de siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y separados más de cincuenta centímetros (50 cm) de cualquier junta o borde. Estos testigos se ensayarán a tracción indirecta, según la UNE 83306, a la edad de cincuenta y seis días (56 d), después de haber sido conservados durante las cuarenta y ocho horas (48 h) anteriores al ensayo en las condiciones previstas en la UNE 83302.

El valor medio de los resultados de estos ensayos se comparará con el valor medio de los resultados del tramo de prueba o, si lo autoriza el Director de las Obras, con los obtenidos en un lote aceptado cuya situación e historial lo hicieran comparable con el lote sometido a ensayos de información:

- Si no fuera inferior, el lote se considerará aceptado.
- Si fuera inferior a él, pero no a su noventa por ciento (90%), se aplicarán al lote las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Si fuera inferior a su noventa por ciento (90%), pero no a su setenta por ciento (70%), el Director de las Obras podrá aplicar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o bien ordenar la demolición del lote y su reconstrucción, por cuenta del Contratista.
- Si fuera inferior a su setenta por ciento (70%) se demolerá el lote y se reconstruirá, por cuenta del Contratista.

Las sanciones referidas no podrán ser inferiores a la aplicación de una penalización al precio unitario del lote, cuya cuantía sea igual al doble de la merma de resistencia, expresadas ambas en proporción.

### 550.10.2. Integridad

Los bordes de las losas y los labios de las juntas que presenten desconchados serán reparados con resina epoxi, según las instrucciones del Director de las Obras.

Las losas no deberán presentar grietas. El Director de las Obras podrá aceptar pequeñas fisu-

ras de retracción plástica, de corta longitud y que manifiestamente no afecten más que de forma limitada a la superficie de las losas, y podrá exigir su sellado.

Si una losa presenta una grieta única y no ramificada, sensiblemente paralela a una junta, el Director de las Obras podrá aceptar la losa si se realizan las operaciones indicadas a continuación:

- Si la junta más próxima a la grieta no se hubiera abierto, se instalarán en ésta pasadores o barras de unión, con disposición similar a los existentes en la junta. La grieta se sellará, previa regularización y cajeo de sus labios.
- Si la junta más próxima a la grieta se hubiera abierto, ésta se inyectará, tan pronto como sea posible, con una resina epoxi aprobada por el Director de las Obras, que mantenga unidos sus labios y restablezca la continuidad de la losa.

En losas con otros tipos de grieta, como las de esquina, el Director de las Obras podrá aceptarlas u ordenar la demolición parcial de la zona afectada y posterior reconstrucción. En el primer caso, la grieta se inyectará tan pronto como sea posible, con una resina epoxi aprobada por el Director de las Obras, que mantenga unidos sus labios y restablezca la continuidad de la losa. Ninguno de los elementos de la losa después de su reconstrucción podrá tener una (1) de sus dimensiones inferior a treinta centímetros (0,30 m). La reposición se anclará mediante grapas al resto de la losa.

La recepción definitiva de una losa agrietada y no demolida no se efectuará más que si, al final del período de garantía, las grietas no se han agravado ni han originado daños a las losas vecinas. En caso contrario, el Director podrá ordenar la total demolición y posterior reconstrucción de las losas agrietadas.

### 550.10.3. Espesor

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá fijar las penalizaciones a imponer por falta de espesor. Dichas penalizaciones no podrán ser inferiores a las siguientes:

- Si la media de las diferencias entre el espesor medido y el prescrito fuera positiva, y no más de un (1) individuo de la muestra presentase una merma (diferencia negativa) superior a veinte milímetros (20 mm), se

aplicará, al precio unitario del lote, una penalización de un cinco por mil (0,5%) por cada milímetro (mm) de dicha merma.

- Si la merma media fuera inferior o igual a veinte milímetros (20 mm), y no más de un (1) individuo de la muestra presenta una merma superior a treinta milímetros (30 mm), se aplicará, al precio unitario del lote, una penalización de un uno por ciento (1%) por cada milímetro (mm) de merma media.
- En los demás casos, se demolerá y reconstruirá el lote a expensas del Contratista.

#### 550.10.4. *Rasante*

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas, ni se aceptarán zonas que retengan agua. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá fijar las penalizaciones a imponer en cada caso.

#### 550.10.5. *Regularidad superficial*

En los tramos donde los resultados de la regularidad superficial excedan de los límites especificados en el apartado 550.7.3, se procederá de la siguiente manera:

- Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 550.7.3 en menos del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado, se corregirán los defectos de regularidad superficial mediante fresado, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos y que la superficie disponga de un acabado semejante al conjunto de la obra. Por cuenta del Contratista se procederá a la corrección de los defectos o bien a la demolición y retirada al vertedero.
- Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 550.7.3 en más del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado, se demolerá el lote y se retirará a vertedero por cuenta del Contratista.

#### 550.10.6. *Textura superficial*

La profundidad media de la textura superficial deberá estar comprendida entre los límites especificados, y ninguno de los resultados individuales podrá ser inferior a cuarenta centésimas de milímetro (0,40 mm).

Si la profundidad media de la textura excediese los límites especificados, el Contratista lo corregirá, a su cargo, mediante un fresado de pequeño espesor (inferior a un centímetro), siempre que el espesor de la losa no sea inferior en un centímetro al previsto en el proyecto.

#### 550.11. *Medición y abono*

Las mediciones se realizarán sobre Planos, e incluirán el tramo de prueba satisfactorio.

El pavimento de hormigón completamente terminado, incluso la preparación de la superficie de apoyo, se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>), medidos sobre Planos. Se descontarán las sanciones impuestas por resistencia insuficiente del hormigón o por falta de espesor del pavimento. Salvo que el Cuadro de Precios y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares prevengan explícitamente lo contrario, se considerarán incluidos el abono de juntas, armaduras y todo tipo de aditivos.

No se abonarán las reparaciones de juntas defectuosas, ni de losas que acusen irregularidades superiores a las tolerables o que presenten textura o aspecto defectuosos.

Para el abono de las juntas, aparte del abono del pavimento de hormigón, será necesario que hubiera estado previsto en el Cuadro de Precios y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Se considerarán incluidos dentro del abono todos sus elementos (pasadores, barra de unión, sellado) y las operaciones necesarias para su ejecución.

Para el abono de las armaduras, aparte del abono del pavimento de hormigón, será necesario que se haya previsto en el Cuadro de Precios y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En este supuesto, se medirán y abonarán de acuerdo con lo especificado en el artículo 600 de este Pliego.

Para el abono de los aditivos aparte del abono del pavimento de hormigón, será necesario que se haya previsto en el Cuadro de Precios y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y, además, que su empleo haya sido autori-



zado por el Director de las Obras. En este caso, los aditivos se abonarán por kilogramos (kg) realmente utilizados.

## 550.12. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles -públicos y privados- autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

NLT-326 Ensayo de lixiviación en materiales para carreteras (Método del tanque).

NLT-330 Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.

NLT-335 Medida de la macrotextura superficial de un pavimento por la técnica volumétrica.

NLT-371 Residuo insoluble de los áridos en ácido clorhídrico (CIH).

UNE 7133 Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones.

UNE 36541 Productos de acero. Redondo laminado en caliente. Medidas y tolerancias.

UNE 41107 Productos prefabricados, elásticos y de baja dilatación transversal, para el relleno de juntas de expansión en pavimentos de hormigón.

UNE 83301 Ensayos de hormigón. Fabricación y conservación de probetas.

UNE 83302 Ensayos de hormigón. Extracción y conservación de probetas testigo.

UNE 83305 Ensayos de hormigón. Rotura por flexotracción.

UNE 83306 Ensayos de hormigón. Rotura por tracción indirecta (ensayo brasileño).

UNE 83313 Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams.

UNE 83315 Ensayos de hormigón. Determinación del contenido de aire del hormigón fresco. Métodos de presión.

UNE 146130 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas pavimentadas.

UNE-EN 196-3 Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.

UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.

UNE-EN 933-2 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.

UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo azul de metileno.

UNE-EN 934-2 Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado.

UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 10025 Productos laminados en caliente de acero no aleado para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro.

# 551. *Hormigón magro vibrado* (\*)

## 551.1. Definición

Se define como hormigón magro vibrado la mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base bajo pavimento de hormigón, que se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación.

La ejecución del hormigón magro vibrado incluye las siguientes operaciones:

- Estudio y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie de asiento.
- Fabricación del hormigón.
- Transporte del hormigón.
- Colocación de elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para la pavimentadora.
- Puesta en obra del hormigón.
- Protección y curado del hormigón fresco.

## 551.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso a lo dispuesto en la legisla-

ción vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 551.2.1. Cemento

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras deberá fijar el tipo y la clase resistente del cemento a emplear, la cual será, salvo justificación en contrario, la 32,5N o la 42,5N. El cemento cumplirá las prescripciones del artículo 202 de este Pliego y las adicionales que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

No se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezcla de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en fábrica.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el principio de fraguado, según la UNE-EN 196-3, que, en todo caso, no podrá tener lugar antes de las dos horas (2 h).

### 551.2.2. Agua

El agua deberá cumplir las prescripciones del artículo 280 de este Pliego.

### 551.2.3. Árido

Los áridos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciable bajo las condiciones más

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/891/2004, de 1 de marzo.



desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en el lugar de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua.

En cumplimiento del Acuerdo de Consejo de Ministros de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006, se podrán emplear estos materiales siempre y cuando hayan sido tratados adecuadamente para satisfacer las especificaciones técnicas recogidas en este artículo.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes de los áridos que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medio ambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades, se empleará la NLT-326.

### 551.2.3.1. Árido grueso

#### 551.2.3.1.1. Definición de árido grueso

Se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.

#### 551.2.3.1.2. Características generales del árido grueso

El tamaño máximo del árido grueso no será superior a cuarenta milímetros (40 mm). Se suministrará, como mínimo, en dos (2) fracciones granulométricas diferenciadas.

#### 551.2.3.1.3. Calidad del árido grueso (resistencia a la fragmentación)

El coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2, deberá ser inferior a treinta y cinco (35).

#### 551.2.3.1.4. Forma del árido grueso (índice de lajas)

El índice de lajas, según la UNE-EN 933-3, deberá ser inferior a treinta y cinco (35).

### 551.2.3.2. Árido fino

#### 551.2.3.2.1. Definición de árido fino

Se define como árido fino a la parte del árido total cernida por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.

#### 551.2.3.2.2. Características generales del árido fino

El árido fino será arena natural rodada. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá permitir que el árido fino tenga una proporción determinada de arena de machaqueo.

#### 551.2.3.2.3. Limpieza del árido fino

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el valor del equivalente de arena del árido fino, según la UNE-EN 933-8. Dicho valor no será inferior a setenta y cinco (75), ni a ochenta (80) en zonas sometidas a heladas.

#### 551.2.3.2.4. Granulometría del árido fino

La curva granulométrica del árido fino, según la UNE-EN 933-1, estará comprendida dentro de los límites que se señalan en la tabla 551.1.

Se podrá admitir un cernido acumulado de hasta un ocho por ciento (8%) por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2, si el contenido de partículas arcillosas, según la UNE 7133, fuera inferior a siete decigramos (0,7 g).

**Tabla 551.1**  
**Huso granulométrico del árido fino. Cernido ponderal acumulado (% en masa)**

Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)						
4	2	1	0,500	0,250	0,125	0,063
81-100	58-85	39-68	21-46	7-22	1-8	0-6

Adoptada una curva granulométrica dentro de los límites indicados, se admitirá respecto de su módulo de finura, según la UNE-EN 933-1, una variación máxima del cinco por ciento (5%). A estos efectos, se define el módulo de finura como la suma de las diferencias ponderales acumuladas, expresadas en tanto por uno, por cada uno de los siete (7) tamices especificados en la tabla 551.1.

#### 551.2.4. *Aditivos*

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los aditivos que puedan utilizarse para obtener la trabajabilidad adecuada y mejorar las características de la mezcla. El Director de las Obras establecerá la necesidad de utilizar aditivos y su modo de empleo, de acuerdo con las condiciones de ejecución, las características de la obra y las condiciones climáticas. En cualquier circunstancia, los aditivos utilizados deberán cumplir las condiciones establecidas en la UNE-EN 934-2.

Únicamente se autorizará el uso de aquellos aditivos cuyas características, y especialmente su comportamiento y los efectos sobre la mezcla al emplearlos en las proporciones previstas, vengan garantizadas por el fabricante, siendo obligatorio realizar ensayos previos para comprobar dicho comportamiento.

#### 551.2.5. *Productos filmógenos de curado*

Los productos filmógenos de curado deberán cumplir las prescripciones del artículo 285 de este Pliego.

#### 551.3. *Tipo y composición del hormigón magro vibrado*

La resistencia media a compresión simple a veintiocho días (28 d) del hormigón magro vibrado, referida a probetas cilíndricas, de quince centímetros (15 cm) de diámetro y treinta centímetros (30 cm) de altura, fabricadas y conservadas según la UNE 83301 y ensayadas según la UNE 83304, deberá estar comprendida entre quince y veintidós megapascales (15 a 22 MPa).

A efectos de este artículo, la resistencia media a compresión simple a veintiocho días (28 d) se define como la media aritmética de los resultados obtenidos sobre tres (3) probetas de la misma amasada, definida de acuerdo a lo indicado en el apartado 551.9.3.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras especificará el ensayo para la determinación de la consistencia del hormigón, así como los límites admisibles en sus resultados. Si se mide la consistencia según la UNE 83313, el asiento deberá estar comprendido entre dos y seis centímetros (2 y 6 cm).

La masa unitaria del total de partículas cernidas por el tamiz 0,125 mm de la UNE-EN 933-2, incluyendo el cemento, no será inferior a doscientos cincuenta kilogramos por metro cúbico de hormigón magro vibrado (250 kg/m<sup>3</sup>).

La dosificación de cemento no será inferior a ciento cuarenta kilogramos por metro cúbico (140 kg/m<sup>3</sup>) de hormigón fresco y la relación ponderal de agua/cemento (a/c) no será superior a ciento quince centésimas (1,15).

La proporción de aire ocluido en el hormigón fresco vertido en obra, según la UNE 83315, no será superior al cinco por ciento (5%), en volumen. En zonas sometidas a nevadas o heladas será obligatoria la utilización de un inductor de aire. En este caso, la proporción de aire ocluido en el hormigón fresco no será inferior al cuatro y medio por ciento (4,5%), en volumen.

#### 551.4. *Equipo necesario para la ejecución de las obras*

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

##### 551.4.1. *Central de fabricación*

La capacidad mínima de acopio de cemento corresponderá al consumo de una jornada y media (1,5) a rendimiento normal, salvo que la distancia al punto de aprovisionamiento fuera inferior a cien kilómetros (100 km), en cuyo caso el límite se podrá rebajar a una (1) jornada, previa autorización del Director de las Obras.

El hormigón magro se fabricará en centrales de mezcla discontinua, capaces de manejar, simultáneamente, el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada. La producción horaria de la central de fabricación deberá ser capaz de suministrar el hormigón sin que la alimentación del equipo de extensión se interrumpa a la velocidad de avance aprobada por el Director de las Obras, considerada como mínimo de sesenta metros por hora (60 m/h).

En carreteras con categorías de tráfico pesado T00 a T1, la central de fabricación estará dotada de un higrómetro dosificador de agua y de un sistema de registro y, en su caso, con visualización de la potencia absorbida por los motores de accionamiento de los mezcladores, y de las pesadas en los áridos, cemento, agua y eventuales aditivos.

Las tolvas para los áridos deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y estarán provistas de dispositivos para evitar intercontaminaciones; su número mínimo será función del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Para el cemento a granel se utilizará una báscula independiente de la utilizada para los áridos. El mecanismo de carga estará enclavado contra una eventual cierre antes de que la tolva de pesada estuviera adecuadamente cargada. El de descarga contra una eventual apertura antes de que la carga de cemento en la tolva de pesada hubiera finalizado, y de que la masa del cemento en ella difiriera en menos del uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) de la especificada; además estará diseñado de forma que permita la regulación de la salida del cemento sobre los áridos.

La dosificación de los áridos se podrá efectuar por pesadas acumuladas en una (1) sola tolva o individualmente con una (1) tolva de pesada independiente para cada fracción.

En el primer caso, las descargas de las tolvas de alimentación y la descarga de la tolva de pesada estarán enclavadas entre sí, de forma que:

- No podrá descargar más de un (1) silo al mismo tiempo.
- El orden de descarga no podrá ser distinto al previsto.
- La tolva de pesada no se podrá descargar hasta que haya sido depositada en ella la cantidad requerida de cada uno de los áridos, y estén cerradas todas las descargas de las tolvas.
- La descarga de la tolva de pesada deberá estar enclavada contra una eventual aper-

tura, antes de que la masa de árido en la tolva difiera en menos de un uno por ciento (1%) del acumulado de cada fracción.

Si se utilizasen tolvas de pesada independientes para cada fracción, todas ellas deberán poder ser descargadas simultáneamente. La descarga de cada tolva de pesada deberá estar enclavada contra una eventual apertura antes de que la masa de árido en ella difiera en menos de un dos por ciento ( $\pm 2\%$ ) de la especificada.

El enclavamiento no permitirá que se descargue parte alguna de la dosificación, hasta que todas las tolvas de los áridos y la del cemento estuvieran correctamente cargadas, dentro de los límites especificados. Una vez comenzada la descarga, quedarán enclavados los dispositivos de dosificación, de tal forma que no se pueda comenzar una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesada estén vacías, sus compuertas de descarga cerradas y los indicadores de masa de las balanzas a cero, con una tolerancia del tres por mil (0,3%) de su capacidad total.

Los dosificadores ponderales deberán estar aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos de la central, de forma que, cuando ésta funcione, sus lecturas, después de paradas las agujas, no difieran de la masa designada en más del uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) para el cemento, uno y medio por ciento ( $\pm 1,5\%$ ) para cada fracción del árido o uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) para el total de las fracciones si la masa de éstas se determinase conjuntamente. Su precisión no deberá ser inferior al cinco por mil ( $\pm 0,5\%$ ) para los áridos, ni al tres por mil ( $\pm 0,3\%$ ) para el cemento. El agua añadida se medirá en masa o en volumen, con una precisión no inferior al uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) de la cantidad total requerida.

Una vez fijadas las proporciones de los componentes, la única operación manual que se podrá efectuar para dosificar los áridos y el cemento de una amasada será la de accionamiento de interruptores y conmutadores. Los mandos del dosificador deberán estar en un compartimento fácilmente accesible, pero que pueda ser cerrado con llave cuando así se requiera.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con precisión suficiente, a juicio del Director de las Obras. Los aditivos en polvo se dosificarán en masa y los aditivos en forma de líquido o de pasta en masa o en volumen, con una precisión no inferior al tres por ciento ( $\pm 3\%$ ) de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga del mezclador deberán estar enclavados de tal forma que, durante el funcionamiento del mezclador, no se pueda producir la descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de amasado previsto.

### 551.4.2. Elementos de transporte

El transporte del hormigón magro podrá realizarse en camiones hormigonera o en camiones de caja lisa y estanca. En este último caso, los camiones deberán ir siempre provistos de una lona o cobertor adecuado para proteger al hormigón magro durante su transporte, evitando la excesiva evaporación del agua o la intrusión de elementos extraños.

Deberán disponerse los equipos necesarios para la limpieza de los elementos de transporte antes de recibir una nueva carga de hormigón magro.

La producción horaria del equipo de transporte deberá ser capaz de suministrar el hormigón magro sin que la alimentación del equipo de extensión se interrumpa a la velocidad de avance aprobada por el Director de las Obras, considerada como mínimo de sesenta metros por hora (60 m/h).

### 551.4.3. Equipos de puesta en obra del hormigón magro

#### 551.4.3.1. Pavimentadoras de encofrados deslizantes

La puesta en obra se realizará mediante una pavimentadora de encofrados deslizantes, capaz de extender, vibrar y enrasar uniformemente el hormigón fresco. El Director de las Obras podrá exigir un equipo para el reparto previo del hormigón magro en toda la anchura de pavimentación.

La pavimentadora deberá estar equipada con un sistema de guía por cable, debiendo actuar los servomecanismos correctores apenas las desviaciones de la pavimentadora rebasen tres milímetros (3 mm) en alzado, o diez milímetros (10 mm) en planta.

La pavimentadora estará dotada de encofrados móviles de dimensiones, forma y resistencia suficientes para sostener el hormigón lateralmente durante el tiempo necesario para obtener la sección transversal prevista, sin asiento del bor-

de de la losa. Tendrá los dispositivos adecuados acoplados para mantener limpios los caminos de rodadura del conjunto de los equipos de extensión y terminación.

La pavimentadora deberá poder compactar adecuadamente el hormigón fresco en toda la anchura del pavimento, mediante vibración interna aplicada por elementos cuya separación estará comprendida entre cuarenta y sesenta centímetros (40 a 60 cm), medidos entre sus centros. La separación entre el centro del vibrador extremo y la cara interna del encofrado correspondiente no excederá de quince centímetros (15 cm). La frecuencia de cada vibrador no será inferior a ochenta hertzios (80 Hz), y su amplitud será suficiente para ser perceptible en la superficie del hormigón fresco a una distancia de treinta centímetros (30 cm).

Los elementos vibratorios no se deberán apoyar, en ningún caso, en la capa inferior, y dejarán de funcionar en el instante en que se detenga la pavimentadora.

La longitud de la maestra enrasadora deberá ser suficiente para que no se aprecien ondulaciones en la superficie del hormigón extendido.

#### 551.4.3.2. Equipos manuales

En áreas pequeñas o en reparaciones en las que se utilice el hormigón magro con superplastificantes (reductores de agua de alta actividad), el Director de las Obras podrá autorizar su extensión y compactación por medios manuales. En este caso, para enrasar el hormigón magro se utilizará una regla vibrante ligera.

Si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares admitiera el fratasado manual, o si el Director de las Obras lo autorizara, en los lugares en que, por su forma o por su ubicación, no sea posible el empleo de máquinas, la superficie del hormigón se alisará y nivelará con fratasas de una longitud no inferior a cuatro metros (4 m) y una anchura no inferior a diez centímetros (10 cm), rigidizados con costillas y dotados de un mango suficientemente largo para ser manejados desde zonas adyacentes a la de extensión.

#### 551.4.5. Distribuidor del producto filmógeno de curado

Los pulverizadores deberán asegurar un reparto continuo y uniforme en toda la anchura de

la losa y en sus costados descubiertos, e ir provistos de dispositivos que proporcionen una adecuada protección del producto pulverizado contra el viento y de otro mecánico en el tanque de almacenamiento del producto, que lo mantendrá en continua agitación durante su aplicación.

En zonas pequeñas o inaccesibles a dispositivos mecánicos, el Director de las Obras podrá autorizar el empleo de pulverizadores manuales.

## 551.5. Ejecución de las obras

### 551.5.1. Estudio y obtención de la fórmula de trabajo

La producción del hormigón magro no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación y proporción ponderal en seco de cada fracción del árido en la amasada.
- La granulometría de los áridos combinados por los tamices 40 mm; 25 mm; 20 mm; 12,5 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 1 mm; 0,500 mm; 0,250 mm; 0,125 mm; y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.
- La dosificación de cemento, la de agua y, eventualmente, la de cada aditivo, referidas a la amasada (en masa o en volumen, según corresponda).
- La resistencia mínima a compresión simple, a veintiocho días (28 d).
- La consistencia del hormigón fresco y el contenido de aire ocluido.

Será preceptiva la realización de ensayos de resistencia a compresión simple, para cada fórmula de trabajo, con objeto de comprobar que los materiales y medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón magro con las características exigidas. Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de seis (6) amasadas diferentes, confeccionando dos (2) series de tres (3) probetas por amasada, según la UNE 83301, admitiéndose para ello el empleo de una mesa vibrante. Dichas probetas se conservarán en las condiciones previstas en la citada norma, para ensayar a compresión simple, se-

gún la UNE 83304, una (1) serie de cada una de las amasadas a siete días (7 d) y la otra a veintiocho días (28 d).

La resistencia de cada amasada a una cierta edad se determinará como la media de la resistencia de las probetas confeccionadas con hormigón de dicha amasada y ensayadas a dicha edad.

Si la resistencia media a siete días (7 d) resultara superior al ochenta por ciento (80%) de la especificada a veintiocho días (28 d), y no se hubieran obtenido resultados del contenido de aire ocluido y de la consistencia fuera de los límites establecidos, se podrá proceder a la realización de un tramo de prueba con ese hormigón magro. En caso contrario, se deberá esperar a los veintiocho días (28 d) y se introducirán los ajustes necesarios en la dosificación, y se repetirán los ensayos de resistencia.

Si la marcha de las obras lo aconsejase, el Director de las mismas podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, que se justificará mediante los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula siempre que varíe la procedencia de alguno de los componentes, o si, durante la producción, se rebasasen las tolerancias establecidas en este artículo.

### 551.5.2. Preparación de la superficie de asiento

Se comprobarán la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que vaya a extenderse el hormigón magro vibrado. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, deberá indicar las medidas necesarias para obtener dicha regularidad superficial y, en su caso como subsanar las deficiencias.

Se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo al personal y equipos que sean imprescindibles para la ejecución de la capa. En este caso, se tomarán todas las precauciones que exigiera el Director de las Obras, cuya autorización será preceptiva.

En época seca y calurosa, y siempre que sea previsible una pérdida de humedad del hormigón magro, el Director de las Obras podrá exigir que la superficie de apoyo se riegue ligeramente con agua, inmediatamente antes de la extensión, de forma que ésta quede húmeda, pero no encharcada, eliminándose las acumulaciones que hubieran podido formarse.



### 551.5.3. *Fabricación del hormigón magro*

#### 551.5.3.1. *Acopio de áridos*

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas de áridos. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

El número de fracciones no podrá ser inferior a tres (3) para las categorías de tráfico pesado T00 a T2, incluidos arceles. El Director de las Obras podrá exigir un mayor número de fracciones, si lo estimara necesario para mantener la composición y características del hormigón magro vibrado.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás para evitar que se produzcan contaminaciones entre ellas. Si los acopios se fueran a disponer sobre el terreno natural, se drenará la plataforma y no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos, a no ser que se pavimente la zona de acopio. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad; esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un árido. No se emplearán métodos de transporte desde los acopios a las tolvas de la central que pudieran causar segregación, degradación o mezcla de fracciones de distintos tamaños.

El volumen mínimo de acopios antes de iniciar la producción de la mezcla no deberá ser inferior al cincuenta por ciento (50%), en carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2.

#### 551.5.3.2. *Suministro y acopio de cemento*

El cemento se suministrará y acopiará de acuerdo con el artículo 202 de este Pliego.

La masa mínima de cemento acopiado en todo momento no deberá ser inferior a la necesaria para la fabricación del hormigón durante una jornada y media (1,5) con un rendimiento normal. El Director de las Obras podrá autorizar la reducción de este límite a una (1) jornada, si la distancia entre la central de hormigonado y la fábrica de cemento fuera inferior a cien kilómetros (100 km).

#### 551.5.3.3. *Acopio de aditivos*

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación; los sacos de productos en polvo se almacenarán en un lugar ventilado y defendido, tanto de la intemperie como de la humedad del suelo y de las paredes. Los aditivos suministrados en forma líquida y los pulverulentos diluidos en agua se almacenarán en depósitos estancos y protegidos de las heladas, equipados de elementos agitadores para mantener permanentemente los sólidos en suspensión.

#### 551.5.3.4. *Amasado del hormigón magro*

La carga de cada una de las tolvas de áridos se realizará de forma que el contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por ciento (50 a 100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del árido fino, aun cuando ésta fuera de un (1) único tipo y granulometría, se efectuará dividiendo la carga entre dos (2) tolvas.

El amasado se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de todos los componentes. La cantidad de agua añadida a la mezcla será la necesaria para alcanzar la relación agua/cemento fijada por la fórmula de trabajo; para ello, se tendrá en cuenta el agua aportada por la humedad de los áridos, especialmente del árido fino.

Los aditivos en forma líquida o en pasta se añadirán al agua de amasado, mientras que los aditivos en polvo se deberán introducir en el mezclador, junto con el cemento o los áridos.

A la descarga del mezclador todo el árido deberá estar uniformemente distribuido en el hor-

migón magro, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de pasta de cemento. Los tiempos de mezcla y amasado necesarios para lograr una masa homogénea y uniforme, sin segregación, así como la temperatura máxima del hormigón al salir del mezclador serán fijados durante la realización del tramo de prueba especificado en el apartado 551.6. Si se utilizase hielo para enfriar el hormigón, la descarga no comenzará hasta que se hubiera fundido en su totalidad, y se tendrá en cuenta para la relación agua/cemento ( $a/c$ ).

Antes de volver a cargar el mezclador, se vaciará totalmente su contenido. Si hubiera estado parado más de treinta minutos (30 min), se limpiará perfectamente antes de volver a verter materiales en él. De la misma manera se procederá antes de comenzar la fabricación de hormigón con un nuevo tipo de cemento.

#### 551.5.4. *Transporte del hormigón magro*

El transporte del hormigón magro desde la central de fabricación hasta su puesta en obra se realizará tan rápidamente como sea posible. No se mezclarán masas frescas fabricadas con distintos tipos de cemento. El hormigón magro transportado en vehículo abierto se protegerá con cobertores contra la lluvia o la desecación.

La máxima caída libre vertical del hormigón en cualquier punto de su recorrido no excederá de un metro y medio (1,5 m) y, si la descarga se hiciera al suelo, se procurará que se realice lo más cerca posible de su ubicación definitiva, reduciendo al mínimo posteriores manipulaciones.

#### 551.5.5. *Elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para pavimentadoras de encofrados deslizantes*

La distancia entre piquetes que sostengan el cable de guía de las pavimentadoras de encofrados deslizantes no podrá ser superior a diez metros (10 m); dicha distancia se reducirá a cinco metros (5 m) en curvas de radio inferior a quinientos metros (500 m) y en acuerdos verticales de parámetro inferior a dos mil metros (2.000 m). Se tensará el cable de forma que su flecha entre

dos piquetes consecutivos no sea superior a un milímetro (1 mm).

Donde se hormigone una franja junto a otra existente, se podrá usar ésta como guía de las máquinas. En este caso, deberá haber alcanzado una edad mínima de tres días (3 d) y se protegerá la superficie de la acción de las orugas interponiendo bandas de goma, chapas metálicas u otros materiales adecuados, a una distancia conveniente del borde. Si se observaran daños estructurales o superficiales en los caminos de rodadura, se suspenderá el hormigonado, reanudándolo cuando aquél hubiera adquirido la resistencia necesaria, o adoptando precauciones suficientes para que no se vuelvan a producir dichos daños.

Los caminos de rodadura de las orugas estarán suficientemente compactados para permitir su paso sin deformaciones, y se mantendrán limpios. No deberán presentar irregularidades superiores a quince milímetros (15 mm).

#### 551.5.6. *Puesta en obra del hormigón magro*

Donde la calzada tuviera dos (2) o más carriles en el mismo sentido de circulación, para las categorías de tráfico pesado T00 y T0 o cuando la obra tenga una superficie de pavimentación superior a setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), se hormigonarán al menos dos (2) carriles al mismo tiempo con una única pavimentadora.

La puesta en obra del hormigón se realizará con pavimentadoras de encofrados deslizantes. La descarga y la extensión previa del hormigón en toda la anchura de pavimentación se realizarán de modo suficientemente uniforme para no desequilibrar el avance de la máquina; esta precaución se deberá extremar al hormigonar en rampa.

Se cuidará que delante de la maestra enrasadora se mantenga en todo momento, y en toda la anchura de la pavimentación, un volumen suficiente de hormigón fresco en forma de cordón de unos diez centímetros (10 cm) como máximo de altura; delante de los frateses de acabado se mantendrá un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

Se dispondrán pasarelas móviles con objeto de facilitar la circulación del personal y evitar daños al hormigón fresco, y los tajos de hormigonado deberán tener todos sus accesos correctamente señalizados y acondicionados para proteger la capa recién construida.



Donde el Director de las Obras autorizase la extensión y la compactación del hormigón por medios manuales, se mantendrá siempre un volumen suficiente de hormigón delante de la regla vibrante, y se continuará compactando hasta que se haya conseguido la forma prevista y la lechada fluya ligeramente a la superficie.

### 551.5.7. Ejecución de juntas

En caso de que el Director de las Obras autorizase la ejecución de una junta longitudinal de hormigonado, se prestará la mayor atención y cuidado a que el hormigón magro que se coloque a lo largo de esta junta sea homogéneo y quede perfectamente compactado. La junta distará al menos medio metro (0,5 m) de cualquier junta longitudinal prevista en el pavimento de hormigón.

Las juntas transversales de hormigonado se dispondrán al final de la jornada, o donde se hubiera producido, por cualquier causa, una interrupción en el hormigonado que hiciera temer un comienzo de fraguado, según el apartado 551.8.1.

### 551.5.8. Terminación

Se prohibirá el riego con agua o la extensión de mortero sobre la superficie del hormigón fresco para facilitar su acabado. Donde fuera necesario aportar material para corregir una zona baja, se empleará hormigón aún no extendido. En todo caso, antes de que comience a fraguar el hormigón, se dará a su superficie un acabado liso y homogéneo, según determine el Director de las Obras.

### 551.5.9. Protección y curado del hormigón magro

#### 551.5.9.1. Generalidades

Durante el primer período de endurecimiento, se protegerá el hormigón contra el lavado por lluvia, contra la desecación rápida, especialmente en condiciones de baja humedad relativa del aire, fuerte insolación o viento, y contra enfriamientos bruscos o congelación.

Si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, lo exige, se colocará sobre las máquinas de puesta en obra un tren de tejadillos bajos de color claro, cerrados y móviles, que cubran una longitud de capa igual, al menos, a cincuenta metros (50 m). Alternativamente, el Director de las Obras podrá autorizar la utilización de una lámina de plástico o un producto de curado resistente a la lluvia.

Durante un período que, salvo autorización expresa del Director de las Obras, no será inferior a tres días (3 d) a partir de la puesta en obra del hormigón, estará prohibido todo tipo de circulación sobre la capa recién ejecutada, con excepción de la imprescindible para comprobar la regularidad superficial.

#### 551.5.9.2. Curado con productos filmógenos

El hormigón magro se curará con un producto filmógeno durante el plazo que fije el Director de las Obras, salvo que éste autorice el empleo de otro sistema. Deberán someterse a curado todas las superficies expuestas de la losa, incluidos sus bordes, apenas queden libres.

Si para el curado se utilizasen productos filmógenos, se aplicarán apenas hubieran concluido las operaciones de acabado y no quedase agua libre en la superficie de la capa.

El producto de curado será aplicado, en toda la superficie de hormigón, por medios mecánicos que aseguren una pulverización del producto en un rocío fino de forma continua y uniforme, con la dotación aprobada por el Director de las Obras, que no podrá ser inferior a doscientos gramos por metro cuadrado (200 g/m<sup>2</sup>).

En condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes vientos o lluvia, el Director de las Obras podrá exigir que el producto de curado se aplique antes y con mayor dotación.

#### 551.5.9.3. Curado por humedad

Si la capa de hormigón magro vibrado se curase por humedad, se cubrirá su superficie con arpilleras, esterillas u otros materiales análogos de alto poder de retención de humedad, que se mantendrán saturados durante el período de curado. Dichos materiales no deberán estar impregnados

ni contaminados por sustancias perjudiciales para el hormigón.

Mientras que la superficie del hormigón no se cubra con el pavimento, se mantendrá húmeda adoptando las precauciones necesarias para que en ninguna circunstancia se deteriore la superficie del hormigón.

### 551.5.10. Protección térmica

Durante el período de curado, el hormigón magro deberá protegerse contra la acción de la helada o de un enfriamiento rápido. En el caso de que se tema una posible helada, se protegerá con una membrana de plástico lastrada contra el viento y aprobada por el Director de las Obras, hasta el día siguiente a su puesta en obra.

Si fuera probable el enfriamiento brusco de un hormigón sometido a elevadas temperaturas diurnas, como en caso de lluvia después de un soleamiento intenso o de un descenso de la temperatura ambiente en más de quince grados Celsius (15 °C) entre el día y la noche, se deberá proteger la capa en la forma indicada en el párrafo anterior.

### 551.6. Tramo de prueba

Adoptada una fórmula de trabajo, según el apartado 551.5.1, se procederá a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de hormigonado y espesor que se vayan a utilizar en la obra.

La longitud del tramo de prueba definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá ser, como mínimo, de cien metros (100 m). El Director de las Obras determinará si fuera aceptable su realización como parte integrante de la obra de construcción.

En el tramo de prueba se comprobará que:

- Los medios de vibración serán capaces de compactar adecuadamente el hormigón magro en todo su espesor.
- Se podrán cumplir las prescripciones de terminación y de regularidad superficial.
- El proceso de protección y de curado será adecuado.

Si la ejecución no fuese satisfactoria, se procederá a la realización de otro tramo de prueba, introduciendo las oportunas variaciones en los

equipos o métodos de puesta en obra. No se podrá proceder a la construcción de la capa en tanto que un tramo de prueba no haya sido aprobado por el Director de las Obras.

El curado del tramo de prueba se prolongará durante el período prescrito en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y, a los veintiséis días (26 d) de su puesta en obra, se extraerán de él seis (6) testigos cilíndricos, según la UNE 83302; situados en emplazamientos aleatorios que disten entre sí un mínimo de siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y separados más de cincuenta centímetros (50 cm) de cualquier junta o borde. Estos testigos se ensayarán a compresión simple, según la UNE 83304, a veintiocho días (28 d) de edad, después de haber sido conservados durante las cuarenta y ocho horas (48 h) anteriores al ensayo en las condiciones previstas en la UNE 83302. El valor medio de los resultados de estos ensayos servirá de base para su comparación con los resultados de los ensayos de control, a los que se refiere el apartado 551.10.1.1.

### 551.7. Especificaciones de la unidad terminada

#### 551.7.1. Resistencia

La resistencia a compresión simple a veintiocho días (28 d) cumplirá lo indicado en el apartado 551.3 de este artículo.

#### 551.7.2. Alineación, rasante, espesor y anchura

Las desviaciones en planta, respecto a la alineación teórica, no deberán ser superiores a cuatro centímetros (4 cm) con longitudes de referencia de tres metros (3 m) y la superficie de la capa deberá tener las pendientes indicadas en los Planos.

La rasante de la superficie acabada no deberá quedar por debajo de la teórica, en más de diez milímetros (10 mm), ni rebasar a ésta en ningún punto; el espesor de la capa no podrá ser inferior, en ningún punto, al previsto en los Planos de secciones tipo. En todos los perfiles se comprobará la anchura extendida, que en ningún caso podrá ser inferior a la teórica deducida de la sección tipo de los Planos.

### 551.7.3. Regularidad superficial

El Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, no superará los valores indicados en la tabla 551.2.

**Tabla 551.2**  
Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm)

Porcentaje de hectómetros	IRI (dm/hm)
50	< 2,0
80	< 2,5
100	< 3,0

## 551.8. Limitaciones de la ejecución

### 551.8.1. Generalidades

Se interrumpirá el hormigonado cuando llueva con una intensidad que pudiera, a juicio del Director de las Obras, dañar al hormigón magro fresco.

La descarga del hormigón, transportado en camiones sin elementos de agitación, deberá realizarse antes de que haya transcurrido un período máximo de cuarenta y cinco minutos (45 min), a partir de la introducción del cemento y de los áridos en el mezclador. El Director de las Obras podrá aumentar este plazo si se utilizan retardadores de fraguado, o disminuirlo si las condiciones atmosféricas originan un rápido endurecimiento del hormigón.

No deberá transcurrir más de una hora (1 h) entre la fabricación del hormigón y su terminación. El Director de las Obras podrá aumentar este plazo hasta un máximo de dos horas (2 h), si se emplean cementos cuyo principio de fraguado no tenga lugar antes de dos horas y media (2 h 30 min), si se adoptan precauciones para retrasar el fraguado del hormigón o si las condiciones de humedad y temperatura son favorables. En ningún caso se colocarán en obra amasadas que acusen un principio de fraguado, o que presenten segregación o desecación.

Salvo que se instale una iluminación suficiente, a juicio del Director de las Obras, el hormigonado de la capa se detendrá con la antelación suficiente para que el acabado se pueda concluir con luz natural.

Si se interrumpe la puesta en obra por más de media hora (1/2 h), se cubrirá el frente de hormigonado de forma que se impida la evaporación del agua. Si el plazo de interrupción fuera superior al máximo admitido entre la fabricación y la puesta en obra del hormigón, se dispondrá una junta de hormigonado transversal, de acuerdo con lo establecido en el apartado 551.5.7.

### 551.8.2. Limitaciones en tiempo caluroso

En tiempo caluroso se extremarán las precauciones, de acuerdo con las indicaciones del Director de las Obras, a fin de evitar desecaciones superficiales y fisuraciones.

Apenas la temperatura ambiente rebasa los treinta grados Celsius (30 °C), se controlará constantemente la temperatura del hormigón, la cual no deberá rebasar en ningún momento los treinta y cinco grados Celsius (35 °C). El Director de las Obras podrá ordenar la adopción de precauciones suplementarias a fin de que el material que se fabrique no supere dicho límite.

### 551.8.3. Limitaciones en tiempo frío

La temperatura de la masa de hormigón magro, durante su puesta en obra, no será inferior a cinco grados Celsius (5 °C) y se prohibirá la puesta en obra del hormigón magro sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0 °C).

En general, se suspenderá la puesta en obra siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados Celsius (0 °C). En los casos que, por absoluta necesidad, se realice la puesta en obra en tiempo con previsión de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón magro, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.

Si, a juicio del Director de las Obras, hubiese riesgo de que la temperatura ambiente llegase a bajar de cero grados Celsius (0 °C) durante las primeras veinticuatro horas (24 h) de endurecimiento del hormigón, el Contratista deberá proponer

precauciones complementarias, las cuales deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

#### 551.8.4. *Apertura a la circulación*

El paso de personas y de equipos para la comprobación de la regularidad superficial podrá autorizarse cuando hubiera transcurrido el plazo necesario para que no se produzcan desperfectos superficiales, y se hubiera secado el producto fil-mógeno de curado, si se emplea este método.

El tráfico de obra no podrá circular antes de siete días (7 d) desde la ejecución de la capa. El Director de las Obras podrá autorizar una reducción de este plazo, siempre que el hormigón magro vibrado hubiera alcanzado una resistencia a compresión de, al menos, el ochenta por ciento (80%) de la exigida a veintiocho días (28 d).

### 551.9. Control de calidad

#### 551.9.1. *Control de procedencia de los materiales*

##### 551.9.1.1. *Control de procedencia del cemento*

Se seguirán las prescripciones del artículo 202 de este Pliego.

##### 551.9.1.2. *Control de procedencia de los áridos*

Si con los áridos se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones obligatorias de este artículo o documento acreditativo de la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad del árido, según lo indicado en el apartado 551.12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia de los áridos no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que correspondan al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el apartado anterior, de cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4)

muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada fracción de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
- La granulometría de cada fracción, especialmente del árido fino, según la UNE-EN 933-1.
- El equivalente de arena del árido fino, según la UNE-EN 933-8.

El Director de las Obras podrá ordenar la repetición de estos ensayos sobre nuevas muestras y la realización del siguiente ensayo adicional:

- El contenido en partículas arcillosas del árido fino, según la UNE 7133.

#### 551.9.2. *Control de calidad de los materiales*

##### 551.9.2.1. *Control de calidad del cemento*

De cada partida de cemento que llegue a la central de fabricación se llevará a cabo su recepción, según los criterios contenidos en el artículo 202 de este Pliego.

##### 551.9.2.2. *Control de calidad de los áridos*

Se examinará la descarga al acopio o alimentación de la central de fabricación, desechando los áridos que, a simple vista, presentasen restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores a cuarenta milímetros (40 mm). Se acopiarán aparte aquéllos que presentasen alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lascas, plasticidad, etc. y se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus separadores y accesos.

Sobre cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

- Al menos dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde:
  - Equivalente de arena del árido fino, según la UNE-EN 933-8.

- El contenido de partículas arcillosas del árido fino, según la UNE 7133, en su caso.
- Proporción de finos que pasan por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.
- Al menos una (1) vez a la semana, o siempre que cambie el suministro de una procedencia aprobada:
  - Índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
- Al menos una (1) vez al mes, o siempre que cambie el suministro de una procedencia aprobada:
  - Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
  - Sustancias perjudiciales, según la "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)" vigente o normativa que la sustituya.
- Fabricación de probetas para ensayo a compresión simple, según la UNE 83301. Dichas probetas se conservarán en las condiciones previstas en la citada norma.

El número de amasadas diferentes para el control de la resistencia de cada una de ellas en un mismo lote hormigonado, no deberá ser inferior a tres (3) en carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2, ni a dos (2) en las demás. Por cada amasada controlada se fabricarán, al menos, tres (3) probetas.

Se considerará que la amasada está formada por el producto resultante de tres (3) descargas seguidas de la mezcladora.

### 551.9.3. Control de ejecución

#### 551.9.3.1. Fabricación

Se tomará diariamente al menos una (1) muestra de la mezcla de áridos, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1. Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.

Se tomarán muestras a la descarga del mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- En cada elemento de transporte:
  - Control del aspecto del hormigón y, en su caso, medición de su temperatura. Se rechazarán todos los hormigones segregados o cuya envuelta no sea homogénea.
- Al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde):
  - Contenido de aire ocluido en el hormigón, según la UNE 83315.
  - Consistencia, según la UNE 83313.

#### 551.9.3.2. Puesta en obra

Se medirán la temperatura y la humedad relativa del ambiente mediante un termohigrógrafo registrador, para tener en cuenta las limitaciones del apartado 551.8.

Al menos dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde, así como siempre que varíe el aspecto del hormigón, se medirá su consistencia. Si el resultado obtenido rebasa los límites establecidos respecto de la fórmula de trabajo, se rechazará la amasada.

Se comprobará frecuentemente el espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras, así como la forma de actuación del equipo de puesta en obra, verificando la frecuencia y amplitud de los vibradores.

#### 551.9.3.3. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes a la capa de hormigón magro vibrado:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor de la capa y la homogeneidad del hormigón se comprobarán mediante extracción

de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, con la frecuencia fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o que, en su defecto, señale el Director de las Obras. El número mínimo de puntos a controlar por cada lote será de dos (2), que se ampliarán a cinco (5) si el espesor de alguno de los dos primeros resultara ser inferior al prescrito o su aspecto indicara una compactación inadecuada. Los agujeros producidos se rellenarán con hormigón de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente enrasado y compactado. El Director de las Obras determinará si los testigos han de romperse a compresión simple en la forma indicada en el apartado 551.6, pudiendo servir como ensayos de información, según el apartado 551.10.1.2.

Las probetas de hormigón magro vibrado, conservadas en las condiciones previstas en la UNE 83301, se ensayarán a compresión simple a veintiocho días (28 d), según la UNE 83304. El Director de las Obras podrá ordenar la realización de ensayos complementarios a siete días (7 d).

En todos los semiperfiles se comprobará que la superficie extendida presenta un aspecto uniforme, así como la ausencia de defectos superficiales importantes, tales como segregaciones, modificación de la terminación, etc.

Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 551.7.3.

## 551.10. Criterios de aceptación o rechazo

### 551.10.1. Resistencia mecánica

#### 551.10.1.1. Ensayos de control

La resistencia media de un lote a una determinada edad se determinará como media de las resistencias de las probetas fabricadas de acuerdo con lo indicado en el apartado 551.9.3.1.

A partir de la resistencia media a compresión simple a veintiocho días (28 d) para cada lote se aplicarán los siguientes criterios:

- Si la resistencia media no fuera inferior a la exigida, se aceptará el lote.
- Si fuera inferior a ella, pero no a su noventa por ciento (90%), el Contratista podrá elegir entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o solicitar la realización de ensayos de información. Dichas sanciones no podrán ser inferiores a la aplicación de una penalización al precio unitario del lote, cuya cuantía sea igual al doble de la merma de resistencia, expresadas ambas en proporción.
- Si la media fuera inferior al noventa por ciento (90%) de la exigida, se realizarán ensayos de información.

#### 551.10.1.2. Ensayos de información

Antes de transcurridos veintiséis días (26 d) de su puesta en obra, se extraerán del lote seis (6) testigos cilíndricos, según la UNE 83302, situados en emplazamientos aleatorios que disten entre sí un mínimo de siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y separados más de cincuenta centímetros (50 cm) de cualquier junta o borde. Estos testigos se ensayarán a compresión simple, según la UNE 83304, a la edad de veintiocho días (28 d), después de haber sido conservados durante las cuarenta y ocho horas (48 h) anteriores al ensayo en las condiciones previstas en la UNE 83302.

El valor medio de los resultados de estos ensayos se comparará con el valor medio de los resultados del tramo de prueba o, si lo autorizase el Director de las Obras, con los obtenidos en un lote aceptado cuya situación e historial lo hicieran comparable con el lote sometido a ensayos de información:

- Si no fuera inferior, el lote se considerará aceptado.
- Si fuera inferior a él, pero no a su noventa por ciento (90%), se aplicarán al lote las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Si fuera inferior a su noventa por ciento (90%), pero no a su ochenta por ciento (80%), el Director de las Obras podrá aplicar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o bien ordenar la demolición del lote y su reconstrucción, por cuenta del Contratista.



- Si fuera inferior a su ochenta por ciento (80%) se demolerá el lote y se reconstruirá, por cuenta del Contratista.

Las sanciones referidas no podrán ser inferiores a la aplicación de una penalización al precio unitario del lote, cuya cuantía sea igual al doble de la merma de resistencia, expresadas ambas en proporción.

### 551.10.2. *Espesor*

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos de secciones tipo del Proyecto. No más de dos (2) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen del especificado en más de un cinco por ciento (5%).

Si el espesor medio obtenido fuera inferior al ochenta y cinco por ciento (85%) del especificado, se levantará la capa correspondiente al lote controlado y se repondrá, por cuenta del Contratista. Si el espesor medio obtenido fuera superior al ochenta y cinco por ciento (85%) del especificado, se compensará la diferencia con un espesor adicional equivalente de la capa superior aplicado en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista.

### 551.10.3. *Rasante*

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas, ni existirán zonas que retengan agua. Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el Director de las Obras podrá aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario sin incremento de coste para la Administración. Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, se corregirá el exceso mediante fresado por cuenta del Contratista siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos y que la superficie disponga de un acabado semejante al conjunto de la obra.

### 551.10.4. *Regularidad superficial*

En los tramos donde los resultados de la regularidad superficial excedan de los límites especificados en el apartado 551.7.3, se procederá de la siguiente manera:

- Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 551.7.3 en menos del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado, se corregirán los defectos de regularidad superficial mediante fresado, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos y que la superficie disponga de un acabado semejante al conjunto de la obra. Por cuenta del Contratista se procederá a la corrección de los defectos o bien a la demolición y retirada a vertedero.
- Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 551.7.3 en más del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado, se demolerá el lote y se retirará a vertedero por cuenta del Contratista.

### 551.11. *Medición y abono*

Las mediciones se realizarán sobre Planos, e incluirán el tramo de prueba satisfactorio.

La capa de hormigón magro vibrado completamente terminado, incluso la preparación de la superficie de apoyo, se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ), medidos sobre Planos. Se descontarán las sanciones impuestas por resistencia insuficiente del hormigón o por falta de espesor de la capa. Salvo que el Cuadro de Precios y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares prevean explícitamente lo contrario, se considerarán incluidos el abono de todo tipo de aditivos.

Para el abono de los aditivos aparte del abono de la capa de hormigón, será necesario que se haya previsto en el Cuadro de Precios y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y, además, que su empleo haya sido autorizado por el Director de las Obras. En este caso, los aditivos se abonarán por kilogramos (kg) realmente utilizados.



## 551.12. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

NLT-326 Ensayo de lixiviación en materiales para carreteras (Método del tanque).

NLT-330 Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.

UNE 7133 Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones.

UNE 83301 Ensayos de hormigón. Fabricación y conservación de probetas.

UNE 83302 Ensayos de hormigón. Extracción y conservación de probetas testigo.

UNE 83304 Ensayos de hormigón. Rotura por compresión.

UNE 83313 Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams.

UNE 83315 Ensayos de hormigón. Determinación del contenido de aire del hormigón fresco. Métodos de presión.

UNE-EN 196-3 Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.

UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.

UNE-EN 933-2 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.

UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo azul de metileno.

UNE-EN 934-2 Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado.

UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

---

***PUENTES Y OTRAS  
ESTRUCTURAS***

***Parte  
6***

# 600. Armaduras a emplear en hormigón armado

## 600.1. Definición

Se definen como armaduras a emplear en hormigón armado al conjunto de barras de acero que se colocan en el interior de la masa de hormigón para ayudar a éste a resistir los esfuerzos a que está sometido.

## 600.2. Materiales

Ver Artículo 240, «Barras lisas para hormigón armado».

Ver Artículo 241, «Barras corrugadas para hormigón armado».

Ver Artículo 242, «Mallas electrosoldadas».

## 600.3. Forma y dimensiones

La forma y dimensiones de las armaduras serán las señaladas en los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

No se aceptarán las barras que presenten grietas, sopladuras o mermas de sección superiores al cinco por ciento (5%).

## 600.4. Doblado

Salvo indicación en contrario, los radios interiores de doblado de las armaduras no serán inferiores, excepto en ganchos y patillas, a los valores que se indican en la Tabla 600.1, siendo  $f_{ck}$  la resistencia característica del hormigón y  $f_y$  el límite elástico del acero, en kilopondios por centímetro cuadrado ( $\text{kp}/\text{cm}^2$ ).

Los cercos o estribos podrán doblarse con radios menores a los indicados en la Tabla 600.1 con tal de que ello no origine en dichas zonas de las barras un principio de fisuración.

El doblado se realizará, en general, en frío y a velocidad moderada, no admitiéndose ninguna excepción en el caso de aceros endurecidos por deformación en frío o sometidos a tratamientos térmicos especiales. Como norma general deberá evitarse el doblado de barras a temperaturas inferiores a cinco grados centígrados ( $5\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Tabla 600.1

$f_y$	$f_{ck}$	125	150	175	200	225	250	300	$\geq 350$
2.200		6 Ø	5 Ø	5 Ø	5 Ø	5 Ø	5 Ø	5 Ø	5 Ø
4.200		10 Ø*	10 Ø	8 Ø	7 Ø	7 Ø	6 Ø	5 Ø	5 Ø
4.600		10 Ø*	11 Ø	9 Ø	8 Ø	7 Ø	7 Ø	6 Ø	5 Ø
5.000		10 Ø*	12 Ø	10 Ø	9 Ø	8 Ø	7 Ø	6 Ø	5 Ø

(\*) Se limita, en el cálculo, el valor de  $f_y$  a  $3.750\text{ kp}/\text{cm}^2$ .

En el caso del acero tipo AE22L, se admitirá el doblado en caliente, cuidando de no alcanzar la temperatura correspondiente al rojo cereza oscuro, aproximadamente ochocientos grados centígrados (800 °C), y dejando luego enfriar lentamente las barras calentadas.

### 600.5. Colocación

Las armaduras se colocarán limpias, exentas de toda suciedad y óxido no adherente. Se dispondrán de acuerdo con las indicaciones de los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y se fijarán entre sí mediante las oportunas sujeciones, manteniéndose mediante piezas adecuadas la distancia al encofrado, de modo que quede impedido todo movimiento de las armaduras durante el vertido y comparación del hormigón, y permitiendo a éste envolverlas sin dejar coqueas.

Estas precauciones deberán extremarse con los cercos de los soportes y armaduras del trasdós de placas, losas o voladizos, para evitar su descenso.

La distancia horizontal libre entre dos barras consecutivas, salvo que estén en contacto, será igual o superior al mayor de los tres valores siguientes:

- Un centímetro (1 cm).
- El diámetro de la mayor.
- Los seis quintos (6/5) del tamaño tal que el ochenta y cinco por ciento (85%) del árido total sea inferior a ese tamaño.

La distancia vertical entre dos barras consecutivas, salvo que estén en contacto, será igual o superior al mayor de los dos valores siguientes:

- Un centímetro (1 cm).
- Setenta y cinco centésimas (0,75) del diámetro de la mayor.

En forjados, vigas y elementos similares, se podrán colocar dos barras de la armadura principal en contacto, una sobre otra, siempre que sean corrugadas.

En soportes y otros elementos verticales, se podrán colocar dos o tres barras de la armadura principal en contacto, siempre que sean corrugadas.

La distancia libre entre cualquier punto de la superficie de una barra de armadura y el paramento más próximo de la pieza, será igual o superior al diámetro de dicha barra.

En las estructuras no expuestas a ambientes agresivos dicha distancia será además igual o superior a:

- Un centímetro (1 cm), si los paramentos de la pieza van a ir protegidos.
- Dos centímetros (2 cm), si los paramentos de la pieza van a estar expuestos a la intemperie, a condensaciones o en contacto permanente con el agua.
- Dos centímetros (2 cm) en las partes curvas de las barras.

Los empalmes y solapas deberán venir expresamente indicados en los Planos, o en caso contrario se dispondrán de acuerdo con las órdenes del Director de las Obras.

Antes de comenzar las operaciones de hormigonado, el Contratista deberá obtener del Director la aprobación por escrito de las armaduras colocadas.

### 600.6. Control de calidad

El control de calidad se realizará de acuerdo con lo prescrito en la instrucción EH-73. Los niveles de control de calidad, de acuerdo con lo previsto en la citada instrucción, serán los indicados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y en la zona inferior derecha de cada Plano.

### 600.7. Medición y abono

Las armaduras de acero empleadas en hormigón armado se abonarán por su peso en kilogramos (kg) deducido de los Planos, aplicando para cada tipo de acero los pesos unitarios correspondientes a las longitudes deducidas de dichos Planos.

Salvo indicación expresa del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, el abono de las mermas y despuntes ser considerará incluido en el del kilogramo (kg) de armaduras.

# 601. *Armaduras activas a emplear en hormigón pretensado*

## 601.1. Definición

Se denominan armaduras activas a las de acero de alta resistencia mediante las cuales se introduce el esfuerzo de pretensado.

## 601.2. Materiales

Ver Artículo 243, «Alambres para hormigón pretensado».

Ver Artículo 244, «Torzales para hormigón pretensado».

Ver Artículo 245, «Cordones para hormigón pretensado».

Ver Artículo 246, «Cables para hormigón pretensado».

Ver Artículo 247, «Barras para hormigón pretensado».

Ver Artículo 248, «Accesorios para hormigón pretensado».

Se entiende por tendón el conjunto de las armaduras activas alojadas dentro de un mismo conducto o vaina.

Existen también otros elementos que pueden utilizarse para constituir las armaduras activas. Pero en estos casos será preceptivo obtener una autorización previa del Director de las obras para su utilización.

Las armaduras activas pueden ser de dos tipos:

- Armaduras pretesas: Las que se tesan antes del vertido del hormigón, al cual transmiten su esfuerzo por adherencia una vez endurecido.

- Armaduras postesas: Las que se tesan una vez endurecido el hormigón, al cual transmiten su esfuerzo por medio de anclajes.

## 601.3. Transporte y almacenamiento

El transporte del acero de pretensado se realizará en vehículos cubiertos y de forma que vaya debidamente embalado y protegido contra la humedad, deterioro, contaminación y grasas.

El almacenamiento se realizará en locales ventilados, en los que no pueda ensuciarse la superficie del material y al abrigo de la humedad del suelo y paredes para evitar riesgos de oxidación o corrosión. Se adoptarán las precauciones precisas en el almacén para evitar cualquier deterioro de los aceros debido al ataque químico, operaciones de soldadura realizadas en las proximidades y otras causas.

Antes de almacenar los aceros se comprobará que están limpios, sin manchas de grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otra materia perjudicial para su buena conservación y posterior adherencia.

Los aceros deberán almacenarse cuidadosamente clasificados según sus tipos, clases y lotes de que procedan.

El estado de la superficie de todos los aceros será siempre objeto de examen antes de su uso, especialmente después de un largo almacenamiento en obra, con el fin de asegurarse de que no presenten alteraciones perjudiciales. Si el Director lo estima necesario, ordenará la realización de los ensayos de comparación que estime oportunos.

#### 601.4. Colocación de armaduras y accesorios

La posición de las armaduras o sus vainas en el interior de los encofrados, se ajustará a lo indicado en los Planos, para lo cual se sujetarán con alambres o calzos. El Director aprobará la distribución de los calzos y disposición de los apoyos para lograr el adecuado trazado de las armaduras y su perfecta y permanente sujeción.

En todo caso, los medios de fijación adoptados serán tales que no provoquen aumentos de rozamiento de las armaduras cuando se tesen. Se deberá tener presente la posibilidad de flotación de las vainas en los casos en que el hormigonado se efectúe antes del enfilado de las armaduras. Las condiciones térmicas habrán de tenerse en cuenta si una variación importante en la temperatura pudiese provocar una modificación en el reglaje de la posición de los tendones. En particular, las fijaciones deberán resistir a los efectos que puedan derivarse de las variaciones de temperatura.

Las uniones entre trozos sucesivos de vainas o entre vainas y anclajes deberán tener una hermeticidad que garantice que no puede penetrar lechada de cemento durante el hormigonado.

También será necesario asegurarse de que la posición de los tendones dentro de sus vainas o conductos es la adecuada. Para ello, si fuese preciso, se recurrirá al empleo de espaciadores. Queda terminantemente prohibido dejar las armaduras o sus vainas sobre el fondo del encofrado para irlas levantando después, a medida que se hormigona la pieza, hasta colocarlas en la posición adecuada.

En los elementos con armaduras pretesas habrá que conceder un cuidado particular al paralelismo de las mismas.

El montaje de los dispositivos de anclaje se realizará siguiendo estrictamente las especificaciones propias del sistema utilizado. En los puntos en que se vaya a disponer de un anclaje, se colocará en el encofrado o molde un taco adecuado para formar un cajeadado, en el cual apoye el anclaje y que facilite la colocación del material de protección del anclaje una vez terminado el tesado y la inyección. Las placas de reparto de los anclajes deben colocarse perpendiculares al trazado de los tendones correspondientes, con objeto de que el eje del gato coincida con el del trazado. Para conseguir una perfecta colocación, dicho trazado deberá ser recto en las inmediaciones del anclaje, al menos en la longitud pres-

crita en las especificaciones del sistema de pretensado. La fijación de los anclajes al encofrado o molde deberá garantizar que se mantiene su posición durante el vertido y compactación del hormigón.

Antes de utilizar un anclaje, se comprobará que las cuñas y el interior de los tacos o conos hembra de anclaje están limpios, de tal forma que aquéllas puedan moverse libremente dentro del anclaje, para su perfecto ajuste. Las rocas de las barras y tuercas deben estar limpias y engrasadas, manteniéndolas con sus envolturas protectoras hasta el momento de su utilización. Las barras roscadas que hayan de introducirse en conductos a tal efecto dispuestos en el hormigón de la pieza que se va a pretensar, deberán protegerse adecuadamente para evitar que se dañen por abrasión sus extremos roscados durante la colocación.

Los dientes de las cuñas se limpiarán con cepillo de alambre, para eliminar cualquier suciedad u oxidación que pudiera haberse acumulado en las hendiduras. La superficie exterior de las cuñas deberá recubrirse, durante su almacenamiento, con grafito o cera. Deberán llevar las marcas necesarias para que no puedan confundirse, unas con otras, las destinadas al anclaje de tendones de características diferentes. Cuando los anclajes sean reutilizables, por ejemplo en el caso de armaduras pretesas, se devolverán a almacén para su limpieza y revisión una vez usados.

En el momento de su puesta en obra, las armaduras deberán estar libres de óxido no adherente y perfectamente limpias, sin trazas de grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otra materia perjudicial para su buena conservación o su adherencia. No presentarán indicios de corrosión, defectos superficiales aparentes, puntos de soldadura, ni pliegues o dobleces. Se admite que las armaduras, en el momento de su utilización, presenten ligera oxidación adherente, entendiéndose por tal la que no se desprende al frotar las armaduras con cepillo de alambre o un trapo seco.

Debe evitarse todo contacto, directo o electrolítico, entre los aceros de pretensado y otros metales, a causa del peligro de que se produzca el efecto pila.

Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar que las armaduras, durante su colocación en obra, experimenten daños, especialmente entalladuras o calentamientos locales que puedan modificar sus características. Se cuidará especialmente de que, en las proximidades de la zona activa de las armaduras de pretensado, no

se realicen operaciones de soldadura u otras capaces de desprender calor, para evitar que los aceros resulten sometidos a temperaturas elevadas, corrientes parásitas o chispas desprendidas al soldar.

Todo ajuste de longitud o arreglo de los extremos de las armaduras se hará mecánicamente o por oxicorte. Caso de emplear el soplete, se evitará cuidadosamente que la llama pueda alcanzar a otros tendones ya tesados. La zona de acero alterada por la operación de oxicorte deberá quedar fuera de la zona activa de la armadura.

No se utilizarán empalmes de tendones no previstos en los Planos, salvo autorización expresa del Director. Se recuerda en tal caso la necesidad de que el ensanchamiento de la vaina alrededor del empalme debe tener suficiente longitud para no coartar su movimiento durante el tesado del tendón.

Una vez colocados los tendones, y antes de autorizar el hormigonado, el Director revisará tanto las armaduras como las vainas, anclajes y demás elementos ya dispuestos en su posición definitiva. Comprobará si la posición de las armaduras concuerda con la indicada en los Planos y si sus sujeciones son las adecuadas para garantizar la invariabilidad de su posición durante el hormigonado.

En el intervalo de tiempo entre el hormigonado y la inyección de la vaina se tomarán las precauciones necesarias para evitar la entrada, a través de los anclajes, de agua o cualquier otro agente agresivo, capaz de ocasionar la corrosión de tendón o anclajes.

Una vez terminadas las operaciones de tesado y, en su caso, de retesado, y realizada la inyección de los conductos en que van alojadas las armaduras, todas las piezas que constituyen el anclaje deberán protegerse contra la corrosión, mediante hormigón, mortero, pintura u otro tipo de recubrimiento adecuado. Esta protección habrá de efectuarse lo más pronto posible y, en cualquier caso, antes de transcurrido un mes desde la terminación del tesado.

El plazo de un mes indicado para efectuar la protección definitiva de los anclajes, debe interpretarse como un máximo que conviene rebajar siempre que sea posible y, sobre todo, cuando la estructura se encuentra sometida a atmósferas muy agresivas. En el caso de que fuese imposible, por el plan de obra previsto, realizar la inyección y a la consiguiente protección de anclajes en el plazo indicado, se asegurará una protección provisional de las armaduras por otro método eficaz, tal como la inyección de aceite

soluble. Dicha protección provisional no debe obstaculizar su posible tesado posterior ni la inyección definitiva.

Si se han de cortar los extremos de las armaduras de un anclaje ya tesado, el corte se efectuará como mínimo a tres centímetros (3 cm) del anclaje, y esta operación no podrá hacerse hasta una vez endurecido el mortero de inyección, salvo que la espera pudiese condicionar el ritmo del proceso constructivo previsto.

## 601.5. Distancias entre armaduras y recubrimientos

### 601.5.1. Armaduras pretesas

La distancia horizontal libre entre dos armaduras será igual o superior al mayor de los tres valores siguientes:

- Un centímetro (1 cm).
- El diámetro de la mayor.
- Doce décimas (1,2) del tamaño tal que el ochenta y cinco por ciento (85%) en peso del árido total sea inferior a ese tamaño.

La distancia vertical libre entre dos armaduras será igual o superior al mayor de los dos valores siguientes:

- Un centímetro (1 cm).
- Setenta y cinco centésimas (0,75) del diámetro de la mayor.

Para diámetros de la armadura mayor, iguales o inferiores a tres milímetros (3 mm), los recubrimientos mínimos serán:

- Ocho milímetros (8 mm) para piezas en ambientes protegidos.
- Diez milímetros (10 mm) para piezas en ambientes no protegidos.
- Trece milímetros (13 mm) para piezas en ambientes agresivos.

Para diámetros superiores a tres milímetros (3 mm) los recubrimientos mínimos serán:

- Diez milímetros (10 mm) para piezas en ambientes protegidos.
- Doce milímetros (12 mm) para piezas en ambientes no protegidos.



- Quince milímetros (15 mm) para piezas en ambientes agresivos.

El recubrimiento mínimo de las armaduras pasivas transversales será de siete milímetros (7 mm).

En piezas expuestas a la acción de agentes muy corrosivos, así como en aquellas que deban satisfacer especiales exigencias de resistencia al fuego, se aumentarán los recubrimientos o se recurrirá a otras medidas de protección.

### 601.5.2. Armaduras postesas

Como norma general se admite la colocación en contacto de diversas vainas formando grupo, limitándose a dos en horizontal y a no más de cuatro en su conjunto. Para ello, las vainas deberán ser corrugadas y, a cada lado del conjunto, habrá de dejarse espacio suficiente para que pueda introducirse un vibrador.

Las distancias libres entre vainas o grupos de vainas en contacto, o entre esta vainas y las demás armaduras, deberán ser al menos iguales a:

- En dirección vertical: una vez la dimensión vertical de la vaina o grupo de vainas.
- En dirección horizontal: para vainas aisladas, una vez la dimensión horizontal de la vaina; para grupos de vainas en contacto, una vez y seis décimas (1,6 veces) la mayor de las dimensiones de las vainas individuales que forman el grupo.

En cuanto a recubrimientos, en el caso de estructuras situadas en ambientes no agresivos o poco agresivos, los valores mínimos serán por lo menos iguales al mayor de los límites siguientes: En dirección vertical:

- Cuatro centímetros (4 cm).
- La dimensión horizontal de la vaina o grupos de vainas en contacto.

En dirección horizontal:

- Cuatro centímetros (4 cm).
- La mitad de la dimensión vertical de la vaina o grupo de vainas en contacto.
- La dimensión horizontal de la vaina o grupo de vainas en contacto.

En casos particulares, cuando existan atmósferas agresivas o especiales riesgos de incendio,

estos recubrimientos deberán aumentarse convenientemente.

## 601.6. Tolerancias de colocación

Salvo especificación en contrario dada en los Planos o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, la posición de los tendones en cualquier sección transversal de elemento podrá variar hasta un tres por ciento (3%) de la dimensión de la pieza, paralela al desplazamiento del tendón, siempre que dicho valor no exceda de veinticinco milímetros (25 mm). Pero si el citado desplazamiento no afecta al canto útil de la sección ni a la colocación del hormigón, la tolerancia anteriormente indicada podrá aumentarse al doble.

La tolerancia respecto a los recubrimientos y distancias entre armaduras activas será del veinte por ciento (20%) de su valor teórico.

En caso necesario, los tendones o vainas podrán desplazarse, para evitar que interfieran unos con otros, siempre que ello no suponga una variación en su trazado superior a las tolerancias indicadas o a un diámetro del tendón o vaina. De proceder así se vigilará que no se produzcan bruscos cambios de curvatura en el trazado.

El trazado en obra de las armaduras activas no deberá presentar ondulaciones locales excesivas, estableciéndose a estos efectos una tolerancia de un centímetro (1 cm) en una longitud de un metro y medio (1,50 m).

## 601.7. Tesado

### 601.7.1. Definición

Se entiende por tesado el conjunto de operaciones necesarias para poner en tensión las armaduras activas.

### 601.7.2. Programa de tesado

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares incluirá un programa de tesado que defina el orden en que deben realizarse las operaciones de tesado en relación con el proceso constructivo y la magnitud de la carga a aplicar a cada una, detallando al menos:

- Las sucesivas etapas parciales de pretensado.
- Orden de tesado de los tendones en cada etapa.
- Resistencia del hormigón en cada etapa de tesado.
- Tensión de anclaje de cada tendón en cada fase.
- Alargamientos que deben obtenerse.

En los casos en que se modifique el proceso constructivo de la pieza o estructura, el Director deberá aprobar el nuevo proceso constructivo y preparar, de acuerdo con él, el correspondiente programa de tesado.

Caso de ser necesarias operaciones de retesado o destesado, deberán figurar también en el programa.

### 601.7.3. Operación de tesado

El tesado no se iniciará sin autorización previa del Director, el cual comprobará que el hormigón ha alcanzado, por lo menos, una resistencia igual a la especificada como mínima para poder comenzar dicha operación.

Se comprobará escrupulosamente el estado del equipo de tesado, y se vigilará el cumplimiento de las especificaciones propias del sistema de pretensado. En particular se cuidará de que el gato apoye perpendicularmente y esté centrado sobre el anclaje.

Durante la operación de tesado deberán adoptarse las precauciones para evitar cualquier daño a personas.

Deberá prohibirse que, en las proximidades de la zona en que va a realizarse el tesado, exista más personal que el que haya de intervenir en el mismo. Por detrás de los gatos se colocarán protecciones resistentes y se prohibirá, durante el tesado, el paso entre dichas protecciones y el gato.

Se proibirá el tesado cuando la temperatura sea inferior a dos grados centígrados (+ 2 °C).

Para poder tomar lectura de los alargamientos, la carga de tesado se introducirá por escalones. Como mínimo serán necesarios los dos siguientes: un primer escalón, hasta alcanzar una carga de tesado igual al diez por ciento (10%) de la máxima; obtenida esta carga, se harán en las armaduras las marcas necesarias para medir los alargamientos.

Un segundo escalón en el que se llegará hasta la carga máxima.

Quando la carga en el gato alcance el valor previsto para cada escalón, se medirá el alargamiento correspondiente, según se indica en el apartado 601.7.4.

Una vez alcanzada la carga prescrita en el programa de tesado se procederá al anclaje de las armaduras del tendón.

Si en el sistema de anclaje utilizado se produce penetración controlada de la cuña, será necesario medir el alargamiento final, una vez terminada dicha penetración.

Con objeto de reducir los rozamientos se podrán utilizar productos lubricantes siempre que no supongan peligro de corrosión para ningún elemento de los tendones y que permitan un perfecto lavado posterior de los conductos y las armaduras activas para asegurar la correcta inyección.

### 601.7.4. Control del tesado

El control de la fuerza de pretensado introducida se realizará midiendo simultáneamente el esfuerzo ejercido por el gato y el alargamiento experimentado por la armadura.

El esfuerzo de tracción ejercido por el gato deberá ser igual al indicado en el programa de tesado, y los apartados de medida utilizados deberán ser tales que permitan garantizar que la fuerza de pretensado introducida en las armaduras no difiere de la indicada en el referido programa de tesado en más del cinco por ciento (5%).

La medida de los alargamientos podrá hacerse en el propio gato siempre que la sujeción de las armaduras al gato no presente riesgo de deslizamiento relativo entre ambos. En caso contrario los alargamientos se medirán respecto a marcas hechas en las propias armaduras. Estas medidas se harán con precisión no inferior al dos por ciento (2%) del alargamiento total.

### 601.7.5. Tolerancias

Los alargamientos no podrán diferir de los previstos en el programa de tesado en más del cinco por ciento (5%). Caso de superarse esta tolerancia, se examinarán las posibles causas de variación, tales como errores de lectura, de sección de las armaduras, de módulos de elasticidad

o de los coeficientes de rozamiento, rotura de algún elemento del tendón, tapones de mortero, etc., y se procederá a un retraso con nueva medición de los alargamientos.

Si durante el tesado se rompe uno o más alambres y la armadura del elemento está constituida por un gran número de ellos, podrá alcanzarse la fuerza total de pretensado necesaria aumentando la tensión en los restantes, siempre que para ello no sea preciso elevar la tensión en cada alambre individual en más de un cinco por ciento (5%) del valor inicialmente previsto. La aplicación de tensiones superiores requiere un nuevo estudio, que deberá efectuarse basándose en las características mecánicas de los materiales realmente utilizados.

En todos estos casos será preciso realizar la correspondiente comprobación a rotura del elemento, teniendo en cuenta las nuevas condiciones en que se encuentra.

La pérdida total en la fuerza de pretensado, originada por la rotura de alambres irremplazables, no podrá exceder nunca de dos por ciento (2%) de la fuerza total prevista de pretensado.

### 601.8. Medición y abono

Las armaduras activas se medirán y abonarán por kilogramos (kg) colocados en obra, deducidos de los Planos, aplicando para cada tipo de acero los pesos unitarios correspondientes a las longitudes deducidas de los Planos, medidas entre caras exteriores de las placas de anclaje.

Los anclajes activos y pasivos, empalmes y demás accesorios, así como las operaciones de tesado, la inyección y eventuales cánones y patentes de utilización, se considerarán incluidos en el precio de la armadura activa.

# 610. Hormigones (\*)

## 610.1. Definición

Se define como hormigón la mezcla en proporciones adecuadas de cemento, árido grueso, árido fino y agua, con o sin la incorporación de aditivos o adiciones, que desarrolla sus propiedades por endurecimiento de la pasta de cemento (cemento y agua).

Los hormigones que aquí se definen cumplirán las especificaciones indicadas en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, así como las especificaciones adicionales contenidas en este artículo.

A efectos de aplicación de este artículo, se contemplan todo tipo de hormigones. Además para aquellos que formen parte de otras unidades de obra, se considerará lo dispuesto en los correspondientes artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales.

## 610.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 16300/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Los materiales componentes del hormigón cumplirán las prescripciones recogidas en los si-

guientes artículos de este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales:

Artículo 202. «Cementos».

Artículo 280. «Agua a emplear en morteros y hormigones».

Artículo 281. «Aditivos a emplear en morteros y hormigones».

Artículo 283. «Adiciones a emplear en hormigones».

Los áridos, cuya definición será la que figura en el artículo 28 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, cumplirán todas las especificaciones recogidas en la citada instrucción.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la frecuencia y el tamaño de los lotes para la realización de los ensayos previstos en el apartado 81.3.2 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, para los casos en que varíen las condiciones de suministro, y si no se dispone de un certificado de idoneidad de los mismos emitido, con una antigüedad inferior a un año, por un laboratorio oficial u oficialmente acreditado.

No se podrán utilizar áridos que no hayan sido aprobados previa y expresamente por el Director de las Obras.

El Contratista adjudicatario de las obras será responsable de la calidad de los materiales utilizados y del cumplimiento de todas las especificaciones establecidas para los mismos en este artículo, así como de todas aquellas que pudieran establecerse en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero de 2002.

### 610.3. Tipos de hormigón y distintivos de calidad

Los hormigones no fabricados en central sólo se podrán utilizar cuando así lo autorice el Director de las Obras, estando en cualquier caso limitada su utilización a hormigones de limpieza o unidades de obra no estructurales.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especificará, cuando sea necesario, las características especiales que deba reunir el hormigón, así como las garantías y datos que deba aportar el Contratista antes de comenzar su utilización.

### 610.4. Dosificación del hormigón

La composición de la mezcla deberá estudiarse previamente, con el fin de asegurar que el hormigón resultante tendrá las características mecánicas y de durabilidad necesarias para satisfacer las exigencias del proyecto. Estos estudios se realizarán teniendo en cuenta, en todo lo posible, las condiciones de construcción previstas (diámetros, características superficiales y distribución de armaduras, modo de compactación, dimensiones de las piezas, etc.).

Se prestará especial atención al cumplimiento de la estrategia de durabilidad establecida en el capítulo VII de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

### 610.5. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La puesta en obra del hormigón no deberá iniciarse hasta que el Director de las Obras haya aprobado la fórmula de trabajo a la vista de los resultados obtenidos en los ensayos previos y característicos.

La fórmula de trabajo constará al menos:

- Tipificación del hormigón.
- Granulometría de cada fracción de árido y de la mezcla.
- Proporción por metro cúbico de hormigón fresco de cada árido ( $\text{kg/m}^3$ ).
- Proporción por metro cúbico de hormigón fresco de agua.

- Dosificación de adiciones.
- Dosificación de aditivos.
- Tipo y clase de cemento.
- Consistencia de la mezcla.
- Proceso de mezclado y amasado.

Los ensayos deberán repetirse siempre que se produzca alguna de las siguientes circunstancias:

- Cambio de procedencia de alguno de los materiales componentes.
- Cambio en la proporción de cualquiera de los elementos de la mezcla.
- Cambio en el tipo o clase de cemento utilizado.
- Cambio en el tamaño máximo del árido.
- Variación en más de dos décimas (0,2) del módulo granulométrico del árido fino.
- Variación del procedimiento de puesta en obra.

Excepto en los que la consistencia se condiga mediante la adición de fluidificantes o superfluidificantes, no se utilizarán hormigones de consistencia fluida salvo justificación especial.

Salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indique otro procedimiento, la consistencia se determinará con cono de Abrams, según la norma UNE 83313. Los valores límite de los asientos correspondientes en el cono de Abrams y sus tolerancias serán los indicados en el apartado 30.6 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

### 610.6. Ejecución

#### 610.6.1. Fabricación y transporte del hormigón

La fabricación y transporte del hormigón se realizará de acuerdo con las indicaciones del artículo 69 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

En el caso de hormigonado en tiempo caluroso, se pondrá especial cuidado en que no se produzca desecación de las amasadas durante el transporte. A tal efecto, si éste dura más de treinta minutos (30 min) se adoptarán las medidas oportunas, tales como reducir el soleamiento de los elementos de transporte (pintándolos de blan-

co, etc.) o amasar con agua fría, para conseguir una consistencia adecuada en obra.

### 610.6.2. Entrega del hormigón

La entrega del hormigón deberá regularse de manera que su puesta en obra se efectúe de manera continua. El tiempo transcurrido entre entregas no podrá rebasar, en ningún caso, los treinta minutos (30 min), cuando el hormigón pertenezca a un mismo elemento estructural o fase de un elemento estructural.

Se cumplirán las prescripciones indicadas en el apartado 69.2.9 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

### 610.6.3. Vertido del hormigón

Se cumplirán las prescripciones del artículo 70 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Director de las Obras podrá modificar el tiempo de puesta en obra del hormigón fijado por la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya, si se emplean productos retardadores de fraguado; pudiendo aumentarlo además cuando se adopten las medidas necesarias para impedir la evaporación del agua, o cuando concurren condiciones favorables de humedad y temperatura.

El Director de las Obras dará la autorización para comenzar el hormigonado, una vez verificado que las armaduras están correctamente colocadas en su posición definitiva.

Asimismo, los medios de puesta en obra del hormigón propuestos por el Contratista deberán ser aprobados por el Director de las Obras antes de su utilización.

No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a dos metros (2 m) quedando prohibido verterlo con palas a gran distancia, distribuirlo con rastrillos, o hacerlo avanzar más de un metro (1 m) dentro de los encofrados. Se procurará siempre que la distribución del hormigón se realice en vertical, evitando proyectar el chorro de vertido sobre armaduras o encofrados.

Al verter el hormigón, se vibrará para que las armaduras queden perfectamente envueltas, cuidando especialmente las zonas en que exista

gran cantidad de ellas, y manteniendo siempre los recubrimientos y separaciones de las armaduras especificados en los planos.

Quando se coloque en obra hormigón proyectado mediante métodos neumáticos, se tendrá la precaución de que el extremo de la manguera no esté situado a más de tres metros (3 m) del punto de aplicación, que el volumen del hormigón lanzado en cada descarga sea superior a un quinto de metro cúbico (0,2 m<sup>3</sup>), que se elimine todo rebote excesivo del material y que el chorro no se dirija directamente sobre las armaduras.

En el caso de hormigón pretensado, no se verterá el hormigón directamente sobre las vainas para evitar su posible desplazamiento. Si se trata de hormigonar una dovela sobre un carro de avance o un tramo continuo sobre una cimbra autoportante, se seguirá un proceso de vertido tal que se inicie el hormigonado por el extremo más alejado del elemento previamente hormigonado, y de este modo se hayan producido la mayor parte de las deformaciones del carro o autocimbra en el momento en que se hormigone la junta.

En losas, el extendido del hormigón se ejecutará por tongadas, dependiendo del espesor de la losa, de forma que el avance se realice en todo el frente del hormigonado.

En vigas, el hormigonado se efectuará avanzando desde los extremos, llenándolas en toda su altura, y procurando que el frente vaya recogido para que no se produzca segregaciones ni la lechada escurra a lo largo del encofrado.

Quando esté previsto ejecutar de un modo continuo las filas y los elementos horizontales apoyados en ellas, se dejarán transcurrir por lo menos dos horas (2 h) antes de proceder a construir dichos elementos horizontales, a fin de que el hormigón de los elementos verticales haya asentado definitivamente.

En el hormigón ciclópeo se cuidará que éste envuelva los mampuestos, quedando entre ellos separaciones superiores a tres (3 m) veces el tamaño máximo del árido empleado, sin contar los mampuestos.

### 610.6.4. Compactación del hormigón

La compactación del hormigón se realizará de acuerdo con las indicaciones del apartado 70.2 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especificará los casos y elementos en los



cuales se permitirá la compactación por apisonado o picado.

El Director de las Obras aprobará, a propuesta del Contratista, el espesor de las tongadas de hormigón, así como la secuencia, distancia y forma de introducción y retirada de los vibradores.

Los vibradores se aplicarán siempre de modo que su efecto se extiende a toda la masa, sin que se produzcan segregaciones locales ni fugas importantes de lechada por las juntas de los encofrados. La compactación será más cuidadosa e intensa junto a los parámetros y rincones del encofrado y en las zonas de fuerte densidad de armaduras, hasta conseguir que la pasta refluya a la superficie.

Si se emplean vibradores de superficie, se aplicarán moviéndolos lentamente, de modo que la superficie del hormigón quede totalmente humedecida.

Si se emplean vibradores sujetos a los encofrados, se cuidará especialmente la rigidez de los encofrados y los dispositivos de anclaje a ellos de los vibradores.

Si se emplean vibradores internos, deberán sumergirse verticalmente en la tongada, de forma que su punta penetre en la tongada adyacente ya vibrada, y se retirarán de forma inclinada. La aguja se introducirá y retirará lentamente a velocidad constante, recomendándose a este efecto que no se superen los diez centímetros por segundo (10 cm/s).

La distancia entre puntos de inmersión será la adecuada para dar a toda la superficie de masa vibrada un aspecto brillante, como norma general será preferible vibrar en muchos puntos por poco tiempo a vibrar en pocos puntos prolongadamente.

Cuando se empleen vibradores de inmersión deberá darse la última pasada de forma que la aguja no toque las armaduras.

Antes de comenzar el hormigonado, se comprobará que existe un número de vibradores suficiente para que, en caso de que se averíe alguno de ellos, pueda continuarse el hormigonado hasta la próxima junta prevista.

En el caso del hormigón pretensado a la compactación se efectuará siempre mediante vibrado. Se pondrá el máximo cuidado en que los vibradores no toquen las vainas para evitar su desplazamiento o su rotura y consiguiente obstrucción. Durante el vertido y compactado del hormigón alrededor de los anclajes, deberá cuidarse de que la compactación sea eficaz, para que no se formen huecos ni cocheras y todos los elementos del anclaje queden bien recubiertos y protegidos.

## 610.6.5. Hormigonado en condiciones especiales

### 610.6.5.1. Hormigonado en tiempo frío

Se cumplirán las prescripciones del artículo 72 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

El hormigonado se suspenderá, como norma general, siempre que se prevea que, dentro de las 48 horas (48 h) siguientes, la temperatura ambiente puede descender por debajo de los cero grados Celsius (0 °C). A estos efectos, el hecho de que la temperatura registrada a las nueve horas (9 h) de la mañana, hora solar, sea inferior a cuatro grados Celsius (4 °C), puede interpretarse como motivo suficiente para prever que el límite prescrito será alcanzado en el citado plazo.

Las temperaturas podrán rebajarse en tres grados Celsius (3 °C) cuando se trate de elementos de gran masa; o cuando se proteja eficazmente la superficie del hormigón mediante sacos, paja u otros recubrimientos aislantes del frío, con espesor tal que pueda asegurarse que la acción de la helada no afectará al hormigón recién ejecutado; y de forma que la temperatura de su superficie no baje de un grado Celsius bajo cero (-1 °C), la de la masa de hormigón no baje de cinco grados Celsius (+5 °C), y no se vierta el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0 °C).

Las prescripciones anteriores serán aplicables en el caso en que se emplee cemento portland. Si se utiliza cemento de horno alto o puzolánico, las temperaturas mencionadas deberán aumentarse en cinco grados Celsius (5 °C); y, además, la temperatura de la superficie del hormigón no deberá bajar de cinco grados Celsius (5 °C).

La utilización de aditivos anticongelantes requerirá autorización expresa del Director de las Obras. Nunca podrán utilizarse productos susceptibles de atacar a las armaduras, en especial los que contengan iones cloruro.

En los que por absoluta necesidad, y previa autorización del Director de las Obras, se hormigone en tiempo frío con riesgo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para que el fraguado de las masas se realice sin dificultad. En el caso de que se caliente el agua de amasado o los áridos, éstos deberán mezclarse previamente, de manera que la temperatura de la



mezcla no sobrepase los cuarenta grados Celsius (40 °C), añadiéndose con posterioridad el cemento en la amasadora. El tiempo de amasado deberá prolongarse hasta conseguir una buena homogeneidad de la masa, sin formación de grumos.

Si no puede garantizarse la eficacia de las medidas adoptadas para evitar que la helada afecte el hormigón, se realizarán los ensayos necesarios para comprobar las resistencias alcanzadas adoptándose, en su caso, las medidas que prescriba el Director de las Obras.

### 610.6.5.2. Hormigonado en tiempo caluroso

Se umplirán las prescripciones del artículo 73 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Los sistemas propuestos por el Contratista para reducir la temperatura de la masa de hormigón deberán ser aprobados por el Director de las Obras previamente a su utilización.

### 610.6.5.3. Hormigonado en tiempo lluvioso

Si se prevé la posibilidad de lluvia, el Contratista dispondrá toldos u otros medios que protejan al hormigón fresco. Cono norma general, el hormigonado se suspenderá en caso de lluvia, adoptándose las medidas necesarias para impedir la entrada del agua a las masas de hormigón fresco.

El Director de las Obras aprobará, en su caso, las medidas a adoptar en caso de tiempo lluvioso. Asimismo, ordenará la suspensión del hormigonado cuando estime que no existe garantía de que el proceso se realice correctamente.

### 610.6.6. Juntas

Las juntas podrán ser de hormigonado, contracción y/o dilatación. Las de dilatación deberán venir definidas en los Planos del Proyecto. Las de contracción y hormigonado se fijarán de acuerdo con el plan de obra y las condiciones climatológicas, pero siempre con antelación al hormigonado.

El Director de las Obras aprobará, previamente a su ejecución, la localización de las juntas que no aparezcan en los Planos.

Se cumplirán las prescripciones del artículo 71 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

Las juntas creadas por las interrupciones del hormigonado deberán ser perpendiculares a la dirección de los máximos esfuerzos de compresión y deberán estar situadas donde sus efectos sean menos perjudiciales. Si son muy tendidas se vigilará especialmente la segregación de la masa durante el vibrado de las zonas próximas, y si resulta necesario, se encofrarán. Si el plano de una junta presenta una mala orientación, se demolerá la parte del hormigón que sea necesario para dar a la superficie la dirección apropiada.

Cuando sean de temer los efectos debidos a la retracción, se dejarán las juntas abiertas durante algún tiempo, para que las masas contiguas puedan deformarse libremente. La apertura de tales juntas será la necesaria para que, en su día, se puedan hormigonar correctamente.

Al reanudar el hormigonado, se limpiarán las juntas de toda suciedad, lechada o árido suelto y se picarán convenientemente. A continuación, y con la suficiente antelación al hormigonado, se humedecerá la superficie del hormigón endurecido, saturándolo sin encharcarlo. Seguidamente se reanudará el hormigonado, cuidando especialmente la compactación en las proximidades de la junta.

En el caso de elementos de hormigón pretensado, no se dejarán más juntas que las previstas expresamente en los Planos y solamente podrá interrumpirse el hormigonado cuando por razones imprevistas sea absolutamente necesario. En ese caso, las juntas deberán hacerse perpendiculares a la resultante del trazado de las armaduras activas. No podrá reanudarse el hormigonado sin el previo examen de las juntas y autorización del Director de las Obras, que fijará las disposiciones que estime necesarias sobre el tratamiento de las mismas.

El Pliego de Transcripciones Técnicas Particulares especificará, en su caso, de forma expresa, los casos y elementos en los que se permitirá el empleo de otras técnicas para la ejecución de juntas (por ejemplo, impregnación con los productos adecuados), siempre que tales técnicas estén avaladas mediante ensayos de suficiente garantía para poder asegurar que los resultados serán eficaces, al menos, como los obtenidos cuando se utilizan los métodos tradicionales.

### 610.6.7. Curado del hormigón

Durante el fraguado y el primer período de endurecimiento, se someterá al hormigón a un proceso de curado que se prolongará a lo largo del plazo que, al efecto, fije el Pliego de Transcripciones Técnicas Particulares, o en su defecto, el que resulte de aplicar las indicaciones del artículo 74 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHÉ)» o normativa que la sustituya.

Durante el fraguado y primer período de endurecimiento, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del hormigón, para lo cual deberá curarse mediante procedimientos que no produzcan ningún tipo de daño en superficie, cuando ésta haya de quedar vista, ni suponga la aportación de sustancias perjudiciales para el hormigón.

Podrán utilizarse como procedimientos de curado, el riesgo directo con agua (evitando que se produzca el deslavado del hormigón), la disposición de arpilleras, esterillas de paja u otros tejidos análogos de alto poder de retención de humedad, láminas de plástico y productos filmógenos de curado, de forma que la velocidad de evaporación no supere en ningún caso el medio litro por metro cuadrado hora (0,50 l/m<sup>2</sup>/h).

Cuando el hormigonado se efectúe a temperatura superior a cuarenta grados Celsius (40 °C) deberá curarse el hormigón por vía húmeda. El proceso de curado deberá prolongarse sin interrupción durante al menos diez días (10 d).

Las superficies de hormigón cubiertas por encofrados de madera o de metal expuestos al soleamiento se mantendrán húmedas hasta que puedan ser desmontadas, momento en el cual se comenzará a curar el hormigón.

En el caso de utilizar el calor como agente de curado para acelerar el endurecimiento, se vigilará que la temperatura no sobre pase los setenta y cinco grados Celsius (75 °C), y que la velocidad de calentamiento y enfriamiento no exceda de veinte grados Celsius por hora (20 °C/h). Este ciclo deberá ser ajustado experimentalmente de acuerdo con el tipo de cemento utilizado.

Cuando para el curado se utilicen productos filmógenos las superficies del hormigón, se recurrirán, por pulverización, con un producto que cumpla las condiciones estipuladas en el artículo 285 de este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, «Productos filmógenos de curado».

La aplicación del producto se efectuará tan pronto como haya quedado acabada la superficie, antes del primer endurecimiento del hormi-

gón. No se utilizará el producto de curado sobre superficies de hormigón sobre las que se vaya a adherir hormigón adicional u otro material, salvo que se demuestre que el producto de curado no perjudica la adherencia, o a menos que se tomen medidas para eliminar el producto de las zonas de adherencia.

El Director de las Obras autorizará en su caso la utilización de técnicas especiales de curado, que se aplicarán de acuerdo a las normas de buena práctica de dichas técnicas.

El Director de las Obras dará la autorización previa para la utilización de curado al vapor, así como del procedimiento que se vaya a seguir, de acuerdo con las prescripciones incluidas en este apartado.

Si el rigor de la temperatura lo requiere, el Director de las Obras podrá exigir la colocación de protecciones suplementarias, que proporcionen el debido aislamiento térmico al hormigón y garanticen un correcto proceso de curado.

### 610.7. Control de calidad

No se admitirá el control a nivel reducido para los hormigonados contemplados en este artículo.

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se indicarán expresamente los niveles de control de calidad de los elementos de hormigón, los cuales se reflejarán además en cada Plano. Asimismo, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se establecerá un Plan de Control de la ejecución en el que figuren los lotes en que queda dividida la obra, indicando para cada uno de ellos los distintos aspectos que serán objeto de control.

### 610.8. Especificaciones de la unidad terminada

#### 610.8.1. Tolerancias

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá un sistema de tolerancias, así como las decisiones y sistemática a seguir en caso de incumplimientos.

A falta de indicaciones concretas para algunas desviaciones específicas, el Director de las Obras podrá fijar los límites admisibles correspondientes.

### 610.8.2. Reparación de defectos

Los defectos que hayan podido producirse al hormigonar deberán ser comunicados al Director de las Obras, junto con el método propuesto para su reparación. Una vez aprobado éste, se procederá a efectuar la reparación en el menor tiempo posible.

Las zonas reparadas deberán curarse rápidamente. Si es necesario, se protegerán con lienzos o arpilleras para que el riesgo no perjudique el acabado superficial de esas zonas.

### 610.9. Recepción

No se procederá a la recepción de la unidad de obra terminada hasta que se satisfaga el cumplimiento de las tolerancias exigidas, el resultado de los ensayos de control sea favorable y se haya efectuado, en su caso, la reparación adecuada de los defectos existentes.

### 610.10. Medición y abono

El hormigón se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ) medidos sobre los Planos del proyecto, de las unidades de obra realmente ejecutadas.

EL cemento, áridos, agua, aditivos y adiciones, así como la fabricación y transporte y vertido del hormigón, quedan incluidos en el precio unitario del hormigón, así como su compactación, ejecución de juntas, curado y acabado.

No se abonarán las operaciones que sea preciso efectuar para la reparación de defectos.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá definir otras unidades de medición y abono distintas del metro cúbico ( $m^3$ ) de hormigón que aparece en el articulado, tales como metro (m) de viga, metro cuadrado ( $m^2$ ) de losa, etc., en cuyo caso el hormigón se medirá y abonará de acuerdo con dichas unidades.

### 610.11. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### Normas de referencia en el artículo 610

UNE 83313. Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams.

# 610A. *Hormigones de alta resistencia* (\*)

## 610A.1. Definición

Se define como hormigón de alta resistencia (HAR) aquel hormigón cuya resistencia característica a compresión, en probeta cilíndrica de  $15 \times 30$  cm, a veintiocho días (28 d), supera los  $50 \text{ N/mm}^2$ . Los hormigones de resistencia característica superior a  $100 \text{ N/mm}^2$ , no son objeto de este artículo y su empleo requiere estudios especiales.

Los hormigones de alta resistencia, además de una resistencia a compresión elevada, parámetro que define de forma tradicional la categoría del hormigón, por su dosificación, puesta en obra y curado, ofrecen en general mejores prestaciones en lo que se refiere a permeabilidad, resistencia a los sulfatos, a la reacción «árido-alcalis», resistencia a la abrasión, etc.; lo que les confiere mayor durabilidad.

Las siguientes especificaciones deben considerarse complementarias a las del artículo 610 de este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, «Hormigones».

## 610A.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

La garantía de calidad de los materiales empleados en la mezcla que forma el hormigón de alta resistencia será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

Será de aplicación todo lo dispuesto en el Título III del anejo 11 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

## 610A.3. Ejecución

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la máxima relación agua/cemento, pudiendo modificarse sólo con la autorización expresa del Director de las Obras.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará también la dosificación del cemento en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ) de hormigón fresco. Dosificaciones superiores a quinientos kilogramos por metro cúbico ( $500 \text{ kg/m}^3$ ) deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

El mantenimiento de una baja y homogénea humedad de los áridos es condición indispensable para la obtención de hormigones de alta resistencia. Es obligado el trabajo con los áridos absolutamente separados y los de pronto uso mínimo veinticuatro horas (24 h) estarán almacenados a cubierto. Estas especificaciones pueden modificarse a juicio del Director de las Obras.

Será de aplicación todo lo dispuesto en el Título V del anejo número 11 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero de 2002.

#### **610A.4. Control de calidad**

Será de aplicación todo lo dispuesto en el título VI del anejo número 11 de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

#### **610A.5. Medición y abono**

La medición y abono del hormigón de alta resistencia se efectuará de forma análoga a lo indi-

cado en el artículo 610 para el hormigón tradicional.

#### **610A.6. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad**

A efectos del reconocimiento de marcas, sellos o distintivos de calidad, se estará a lo dispuesto en la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)» o normativa que la sustituya.

# 611. Morteros de cemento

## 611.1. Definición

Se definen los morteros de cemento como la masa constituida por árido fino, cemento y agua. Eventualmente, puede contener algún producto de adición para mejorar alguna de sus propiedades, cuya utilización deberá haber sido previamente aprobada por el Director de las obras.

## 611.2. Materiales

### 611.2.1. Cemento

Ver Artículo 202, «Cementos».

### 611.2.2. Agua

Ver Artículo 280, «Agua a emplear en morteros y hormigones».

### 611.2.3. Productos de adición

Ver Artículo 281, «Aireantes a emplear en hormigones».

Ver Artículo 282, «Cloruro cálcico».

Ver Artículo 283, «Plastificantes a emplear en hormigones».

Ver Artículo 284, «Colorantes a emplear en hormigones».

### 611.2.4. Árido fino

Ver apartado 610.2.3, «Árido fino», del Artículo 610, «Hormigones».

## 611.3. Tipos y dosificaciones

Para su empleo en las distintas clases de obra, se establecen los siguientes tipos y dosificaciones de morteros de cemento portland: M 250 para fábricas de ladrillo y mampostería: doscientos cincuenta kilogramos de cemento P-350 por metro cúbico de mortero (250 kg/m<sup>3</sup>).

M 450 para fábricas de ladrillo especiales y capas de asiento de plazas prefabricadas, adoquinados y bordillos: cuatrocientos cincuenta kilogramos de cemento P-350 por metro cúbico de mortero (450 kg/m<sup>3</sup>).

M 600 para enfoscados, enlucidos, corrido de cornisas e impostas: seiscientos kilogramos de cemento P-350 por metro cúbico de mortero (600 kg/m<sup>3</sup>).

M 700 para enfoscados exteriores: setecientos kilogramos de cemento P-350 por metro cúbico de mortero (700 kg/m<sup>3</sup>).

El Director podrá modificar la dosificación en más o en menos, cuando las circunstancias de la obra lo aconsejen.

## 611.4. Fabricación

La mezcla del mortero podrá realizarse a mano o mecánicamente; en el primer caso se hará sobre un piso impermeable.

El cemento y la arena se mezclarán en seco hasta conseguir un producto homogéneo de color uniforme. A continuación se añadirá la cantidad de agua estrictamente necesaria para que, una vez batida la masa, tenga la consistencia adecuada para su aplicación en obra.

Solamente se fabricará el mortero preciso para uso inmediato, rechazándose todo aquel que haya empezado a fraguar y el que no haya sido empleado dentro de los cuarenta y cinco minutos (45 min) que sigan a su amasadura.

### 611.5. Limitaciones de empleo

Si es necesario poner en contacto el mortero con otros morteros y hormigones que difieran de él en la especie de cemento, se evitará la circu-

lación de agua entre ellos; bien mediante una capa intermedia muy compacta de mortero fabricado con cualquiera de los dos cementos, bien esperando que el mortero u hormigón primeramente fabricado esté seco, o bien impermeabilizando superficialmente el mortero más reciente.

Se ejercerá especial vigilancia en el caso de hormigones con cementos siderúrgicos.

### 611.6. Medición y abono

El mortero no será de abono directo, ya que se considera incluido en el precio de la unidad correspondiente, salvo que se defina como unidad independiente, en cuyo caso se medirá y abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente utilizados.



# 612. *Lechadas de cemento*

## 612.1. Definición

Se define la lechada de cemento, como la pasta muy fluida de cemento y agua, y eventualmente adiciones, utilizadas principalmente para inyecciones de terrenos, cimientos, túneles, etc.

No se consideran incluidas en este Artículo las lechadas para relleno de conductos de hormigón pretensado.

## 612.2. Materiales

Ver Artículo 202, «Cementos».

Ver Artículo 280, «Agua a emplear en morteros y hormigones».

## 612.3. Composición y características

La proporción, en peso, del cemento y el agua podrá variar desde el uno por ocho (1/8) al

uno por uno (1/1), de acuerdo con las características de la inyección y la presión de aplicación. En todo caso, la composición de la lechada deberá ser aprobada por el Director de las obras para cada uso.

## 612.4. Ejecución

El amasado se hará mecánicamente. La lechada carecerá de grumos y burbujas de aire, y para evitarlos se intercalarán filtros depuradores entre la mezcladora y la bomba de inyección.

## 612.5. Medición y abono

Las lechadas se medirán y abonarán por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente inyectados.

# 613. *Lechadas de cemento para inyección de conductos en obras de hormigón pretensado*

## 613.1. Definición

Se define como lechada, para inyección de conductos en obras de hormigón pretensado, la mezcla de carácter coloidal de cemento, agua y, eventualmente, arena fina, y productos de adición, que se inyecta en los conductos de las armaduras activas para establecer la necesaria adherencia entre dichas armaduras y el hormigón, así como para protegerlas contra la corrosión.

## 613.2. Materiales

El agua de amasado cumplirá las condiciones exigidas en el Artículo 280, «Agua a emplear en morteros y hormigones», del presente Pliego. En particular, no deberá contener sustancias perjudiciales para las armaduras activas o la propia lechada, ni más de doscientos cincuenta miligramos (250 mg) de ion cloro por libro; no tendrá un pH inferior a siete (7), ni presentará trazas de hidratos de carbono.

El cemento será de tipo portland y designación P-350, y deberá ser aceptado por el Director de las obras, una vez comprobadas sus características en lo referente a exudación, fluidez y disminución de volumen.

La arena fina deberá estar exenta de impurezas y sustancias perjudiciales, tales como las que contengan iones ácidos, de finos que pasen por el tamiz 0,080 UNE y de partículas laminares como las procedentes de mica o pizarra.

Los productos de adición deberán estar exentos de sustancias perjudiciales para las armadu-

ras o la propia lechada, tales como cloruros, sulfuros o nitratos.

## 613.3. Composición de la mezcla

La composición de la mezcla se establecerá experimentalmente y deberá ser aprobada por el Director.

Salvo indicación en contrario, del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, no se utilizará arena fina en la inyección de conductos de diámetro menor de quince centímetros (15 cm).

Los productos de adición podrán utilizarse si se demuestra, mediante los oportunos ensayos, que su empleo mejora las características de la lechada. Se dosificarán teniendo en cuenta las condiciones locales de temperatura y previa aprobación del Director.

## 613.4. Características

La lechada deberá tener la consistencia máxima compatible con la inyectabilidad. El valor de la fluidez, expresado por el tiempo que tarda en salir un litro (1 l) de lechada por el cono de Marsh, estará comprendido entre diecisiete (17) y veinticinco (25) segundos.

Los valores óptimos de la relación agua/cemento son los comprendidos entre treinta y seis y cuarenta y cuatro centésimas (0,36 y 0,44), no debiendo pasar de cincuenta centésimas (0,50).

El valor de la exudación, medido en probeta cilíndrica, herméticamente cerrada, de diez centímetros (10 cm) de diámetro y diez centímetros

(10 cm) de altura, no será superior al dos por ciento (2%) a las tres (3) horas, ni al cuatro por ciento (4%), como máximo absoluto, y la propia lechada deberá reabsorber el agua exudada pasadas veinticuatro (24) horas.

La disminución de volumen o contracción, medida sobre la misma probeta, no será superior al dos por ciento (2%).

En cuanto a la expansión eventual, que se presenta cuando se emplean aditivos destinados a tal fin, no podrá exceder del diez por ciento (10%).

La resistencia a compresión de la pasta, determinada según los métodos prescritos para la pasta de cemento en el vigente Pliego de Condiciones Generales para la Recepción de Cementos, no será inferior a trescientos kilopondios por centímetro cuadrado (300 kp/cm<sup>2</sup>).

### 613.5. Fabricación

La mezcla se preparará mecánicamente, con maquinaria apropiada, que deberá constar de dos tambores al menos: el primero, mezclador, en el que se realizará la mezcla íntima de componentes, y el segundo, agitador, donde se mantendrá la mezcla en agitación continua para evitar la segregación y sedimentación de la lechada antes de su inyección. Los tambores irán provistos de un tamiz 0,50 UNE, a través del cual habrá de pasar la lechada.

### 613.6. Ejecución de la inyección

La inyección deberá llevarse a cabo lo antes posible después del tesado, no debiendo transcurrir entre la iniciación de éste y el principio de aquélla más de un mes, salvo si se ha previsto una adecuada protección provisional de las armaduras, o existe autorización expresa del Director. En ambientes agresivos, el plazo indicado deberá disminuirse convenientemente.

Antes de proceder a la inyección deberá limpiarse el conducto con aire a presión, observando si éste llega a salir por el extremo opuesto en forma continua y regular, o si por el contrario, existe algún tapón en el conducto, capaz de impedir el paso de la inyección, en cuyo caso se tomarán las medidas oportunas para asegurar que el conducto quede correctamente inyectado.

Si se sospecha la posibilidad de existencia de hielo en los conductos, se inyectará agua caliente, pero nunca vapor, y a continuación aire a presión.

Si los conductos son de hormigón, se deberá inyectar agua para humedecer dicho hormigón e impedir que deseeque la lechada inyectada, con el consiguiente riesgo de crear una obstrucción. Igualmente, si los tendones han sido lubricados o protegidos provisionalmente, deberá inyectarse agua hasta la eliminación del producto utilizado.

Las conexiones de las boquillas de inyección estarán limpias de hormigón o cualquier otro material, y serán herméticas, a fin de evitar posibles arrastres de aire.

Antes de iniciar la inyección deberán abrirse todos los tubos de purga.

No se inyectará si se temen heladas en un plazo de dos (2) días, ni cuando la temperatura de la pieza sea inferior a cinco grados centígrados (5 °C); de no ser posible cumplir esta prescripción, se tomarán medidas tales como calentamiento del elemento o de la lechada, siempre que sean aprobadas por el Director.

No deberán transcurrir más de treinta (30) minutos desde el amasado hasta el comienzo de la inyección, a no ser que se utilicen retardadores.

La inyección deberá hacerse desde el anclaje más bajo o desde el tubo de purga inferior del conducto, con todos los tubos de purga más próximos al punto por donde se inyecta; se irán cerrando éstos, dejando previamente fluir por ellos la lechada hasta que tenga la misma consistencia que la que se inyecta y hayan cesado de salir burbujas de aire.

La lechada se inyectará a una presión comprendida entre tres y siete kilopondios por centímetro cuadrado (3 y 7 kp/cm<sup>2</sup>), sin que se deban sobrepasar en ningún momento los diez kilopondios por centímetro cuadrado (10 kp/cm<sup>2</sup>). La velocidad de avance, para conductos de diámetro inferior a diez centímetros (10 cm), estará comprendida entre seis y doce metros por minutos (6 y 12 m/min). La inyección de cada conducto se hará de forma continua e ininterrumpida, y con la uniformidad necesaria para impedir la segregación de la mezcla. Una vez efectuada la inyección, se mantendrá la presión en los conductos durante treinta segundos (30 s), como mínimo, y a continuación se cerrará la válvula o llave situada antes de la boquilla. En conductos muy largos o de gran sección útil, se intentará reinyectar antes de las dos horas (2 h), para eliminar la posible reducción de volumen de la mezcla y los posibles huecos situados en la parte superior de los conductos.

### 613.7. Bombas de inyección

Las bombas podrán ser accionadas por un motor individual o a mano. No se permite utilizar bombas de aire comprimido.

En el caso de conductos cortos, es aconsejable el empleo de bombas accionadas a mano. Para inyectar conductos largos, de unos veinticinco metros (25 m), deberán utilizarse bombas a motor.

En cualquier caso, la bomba deberá proporcionar una inyección continua e ininterrumpida, con pequeñas variedades de presión.

La bomba deberá estar provista de un dispositivo de seguridad que evite las sobrepresiones que puedan producirse por atascos en el interior de los conductos. La alimentación deberá ser por gravedad y no por succión, ya que este último sistema tiende a introducir aire en la mezcla, lo que debe evitarse.

### 613.8. Control de la inyección

Se controlará la calidad y dosificación de los materiales que componen la lechada, para comprobar que cumplen las prescripciones del presente Pliego.

El contenido de agua y la dosificación de los aditivos se comprobará al menos una vez al día. Si el aditivo se suministra en envases con indicación de su contenido en peso, se verificará un

muestreo de dichos envases con el fin de garantizar una variación real mínima en la dosificación.

La lechada deberá controlarse antes de entrar en el conducto y a la salida del mismo, comprobándose, por una parte, las características de la mezcla, por lo menos una vez por cada serie de conductos a inyectar, homogéneos en longitud, disposición y forma, y, por otra parte, la diferencia entre los valores de la fluidez a la entrada y a la salida de los conductos, que deberá ser relativamente pequeña.

Durante la inyección, se controlarán las presiones del manómetro de la bomba, comprobando que los valores permanecen constantes; cualquier brusca variación en estos valores es indicativa de irregularidades en la inyección, bien por existencia de fugas o de obstrucciones.

En tiempo frío, se comprobarán las temperaturas en el transcurso de las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes a la inyección.

En los casos en que exista duda sobre la calidad de la inyección realizada, el Director podrá exigir la realización de radiografías del conducto.

### 613.9. Medición y abono

Tanto la lechada o producto de inyección, como la operación de inyección de los conductos, no tendrá abono directo, considerándose incluidas en el precio unitario de las armaduras activas a emplear en hormigón pretensado.

# 614. Vigas prefabricadas de hormigón armado o pretensado

## 614.1. Definición

Se consideran como vigas prefabricadas de hormigón armado o pretensado, las que constituyen productos estándar ejecutados en instalaciones industriales fijas y que, por tanto, no son realizadas en obra.

## 614.2. Condiciones generales

Independientemente de lo que sigue, el Director de las obras podrá ordenar la toma de muestras de materiales para su ensayo y la inspección de los procesos de fabricación, siempre que lo considere necesario.

## 614.3. Almacenamiento

Las vigas se almacenarán en obra en su posición normal de trabajo, sobre apoyos de suficiente extensión y evitando el contacto con el terreno o con cualquier producto que las pueda manchar o deteriorar.

## 614.4. Recepción

Las vigas no deben presentar rebabas que sean indicio de pérdidas graves de lechada, ni

más de tres coqueras en una zona de diez decímetros cuadrados ( $0,1 \text{ m}^2$ ) de paramento, ni coquera alguna que deje vistas las armaduras.

Tampoco presentarán superficies deslavadas o aristas descantilladas, señales de discontinuidad en el hormigonado o armaduras visibles.

Salvo autorización del Director, no se aceptarán vigas con fisuras de más de una décima de milímetro ( $0,1 \text{ mm}$ ) de ancho o con fisuras de retracción de más de dos centímetros ( $2 \text{ cm}$ ) de longitud.

La comba lateral máxima, medida en forma de flecha horizontal, no será superior al quinientosavo ( $1/500$ ) de la longitud de la viga.

La contraflecha bajo la acción del peso propio, medida en la viga en condiciones normales de apoyo, no será superior al trescientosavo ( $1/300$ ) de la luz para vigas de hasta diez metros ( $10 \text{ m}$ ) y al quinientosavo ( $1/500$ ) para luces mayores.

El Director podrá ordenar la comprobación de las características mecánicas y, en particular, del módulo de flecha, momentos de fisuración y rotura y esfuerzo cortante de rotura, sobre un cierto número de vigas.

## 614.5. Medición y abono

Las vigas prefabricadas de hormigón armado o pretensado, se medirán y abonarán por metros ( $\text{m}$ ) realmente colocados en obra, medidos sobre los Planos.

# 615. Resinas epoxi

## 615.1. Definición

Las resinas epoxi son productos obtenidos a partir del bisfenol A y la epiclorhidrina, destinados a coladas, recubrimientos, estratificados, encapsulados, prensados, extrusionados, adhesivos y otras aplicaciones de consolidación de materiales.

## 615.2. Materiales

Las formulaciones epoxi se presentan en forma de dos componentes básicos: resina y endurecedor, a los que pueden incorporarse agentes modificadores tales como diluyentes, flexibilizadores, cargas y otros, que tienen por objeto modificar las propiedades físicas o químicas de dicha formulación, o abaratarla.

## 615.3. Tipo de formulación

En cada caso, se estudiará una formulación adecuada a las temperaturas que se prevean, tanto la ambiente como la de la superficie en que se realiza la aplicación.

El tipo de formulación a utilizar deberá ser aprobado previamente por el Director de las obras, y sus características deberán ser garantizadas por el fabricante.

En las utilizaciones en las que el espesor de la capa de resina aplicada sea superior a tres milímetros (3 mm), se utilizarán resinas de módulos de elasticidad relativamente bajos.

En el caso de grietas y fisuras, el tipo de formulación a utilizar será función de la abertura de la grieta y de su estado activo o estacionario. Las grietas activas se inyectarán con resina de curado rápido.

## 615.4. Ejecución

### 615.4.1. Preparación y limpieza de superficies

Antes de proceder a la aplicación de la formulación sobre una superficie, deberán eliminarse:

- La lechada superficial, de aproximadamente un milímetro (1 mm) de espesor, formada durante el vibrado del hormigón.
- Cualquier tipo de grasa o suciedad que pueda hacer, en el momento de la aplicación, el papel de un agente de desmoldeo; se incluyen aquí los agentes de curado, que son frecuentemente ácidos grasos o materiales resinosos.
- Los residuos de sales fundentes utilizadas en tratamientos invernales.

En las zonas en que sea muy acentuada la presencia de alguno de los contaminantes anteriormente descritos, se realizará una limpieza previa, para lo que se utilizarán preferentemente medios mecánicos. Cuando esto no sea posible, y previa autorización del Director, podrán usarse detergentes no iónicos y, en último caso, disolventes clorados o naftas de bajo punto de

ebullición, tomándose las medidas de seguridad oportunas.

La limpieza definitiva se realizará mediante uno de los procedimientos que se enumeran a continuación en orden de efectividad: chorro de arena, abrasión profunda o corte, escarificación mecánica y ataque por solución ácida.

En cualquiera de los tres procedimientos mecánicos indicados, el polvo desprendido debe ser totalmente eliminado, para lograr una perfecta adherencia, lo que se hará mediante un lavado cuidadoso con chorro de agua seguido de un secado por chorro de aire a presión, o mediante succión por vacío.

En los casos en que no pueda utilizarse ningún medio mecánico, se tratarán los sustratos mediante una solución ácida.

La aplicación deberá ser hecha por personal especializado en su uso y bajo un control muy riguroso por parte del Director.

La solución ácida se aplicará por igual a toda la superficie a tratar, debiéndose eliminar, mediante chorro de agua a presión, el residuo final. Siempre que exista sospecha de persistencia de una acidez residual, lo que se comprobará con un trozo de papel tornasol húmedo colocado sobre la superficie de hormigón, se efectuará un lavado con una solución diluida de amoníaco en agua, seguido de un nuevo tratamiento con chorro de agua a presión.

Los elementos metálicos que van a unirse a hormigones, se tratarán superficialmente mediante aplicación de chorro de arena si se trata de eliminar el óxido, o mediante disolventes que no contengan ion cloro si se trata de grasa. Las superficies se tratarán inmediatamente antes de la aplicación de la resina, para evitar una nueva oxidación.

Las superficies de aluminio deberán someterse a un tratamiento adicional, para aumentar su mojabilidad, mediante solución de ácido sulfúrico y dicromato de sodio.

#### 615.4.2. Almacenaje y preparación

Los componentes de la formulación deberán almacenarse a la temperatura indicada por el fabricante, al menos doce horas (12 h) antes de su uso.

La mezcla se realizará mecánicamente, excepto para cantidades inferiores a un litro (1 l). El endurecedor se añadirá gradualmente a la resina durante el mezclado.

Antes de proceder a la mezcla de los componentes, deberá conocerse exactamente el período de fluidez, o «pot-life», de la mezcla, período durante el cual puede utilizarse una formulación, no debiendo mezclarse cantidades cuya aplicación requiera un intervalo de tiempo superior a dicho período. En general, no se mezclarán cantidades cuya aplicación dure más de una hora (1 h), ni cuyo volumen sea superior a seis litros (6 l). No se apurarán excesivamente los envases que contienen la formulación, para evitar el empleo de resina o endurecedor mal mezclados que se encuentren en las paredes de los mismos.

#### 615.4.3. Aplicación

Antes de proceder a la aplicación de la formulación epoxi, se requerirá la aprobación del Director.

Como se indica en el apartado 615.3, la formulación será la adecuada a la temperatura, tanto del ambiente como la de la superficie en que se realiza la aplicación. Si las temperaturas reales difieren de las previstas, se dispondrán los medios necesarios para conseguir estas temperaturas o se detendrá la ejecución de la obra.

En el caso de aplicación sobre superficies, ésta se efectuará mediante cepillo, brocha de pelo corto, espátula de acero o goma, o pistola de extrusionado. Se cuidará que la resina moje totalmente los sustratos. Si la formulación contiene gran proporción de filler y es, por tanto, muy viscosa, se realizará una imprimación previa mediante la misma formulación sin filler, para conseguir un mojado perfecto de las superficies.

En el caso de inyección de grietas y fisuras, no se aplicarán presiones superiores a siete kilopondios por centímetro cuadrado (7 kp/cm<sup>2</sup>), a fin de evitar daños en la estructura, salvo que el Director autorice presiones superiores.

Las grietas deberán sellarse externamente antes de la inyección, y, en el caso de que traspase al otro lado, se sellarán ambos lados. Periódicamente, y con espaciamentos del orden de una vez y media la profundidad de la grieta, se deberán dejar unas aberturas en la superficie de sellado para permitir a través de ellas la inyección. Los tamaños de estas aberturas serán los impuestos por el tipo de equilibrio a utilizar.

La inyección deberá comenzar por la abertura más baja, manteniéndose hasta que aparezca la resina por la inmediata superior, pasando a inyectar en ese momento desde ésta. En el caso de



que la cantidad de resina inyectada, sin aparecer por la abertura siguiente, sea considerada anormal, se detendrá la inyección estudiando las causas y comprobando el estado general de la zona inyectada.

### **615.5. Medición y abono**

Las formulaciones se medirán y abonarán por kilogramos (kg) realmente colocados en obra.

# 616. Morteros y hormigones epoxi

## 616.1. Definición

Se definen los morteros y hormigones epoxi como la mezcla de áridos inertes y una formulación epoxi.

## 616.2. Materiales

### 616.2.1. Áridos

Ver apartados 610.2.3, «Árido fino», y 610.2.4, «Árido grueso», del Artículo 610, «Hormigones».

Los áridos deberán estar secos y limpios, y a la temperatura conveniente dentro del margen permitido para cada formulación. El tamaño máximo del árido no excederá de un tercio ( $1/3$ ) de la profundidad media del hueco a rellenar, ni contendrá partículas que pasen por el tamiz 0,16 UNE. En hormigones no se utilizarán áridos de tamaño superior a veinticinco milímetros (25 mm).

### 616.2.2. Formulación epoxi

Ver Artículo 615, «Resinas epoxi».

## 616.3. Dosificación

Salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las obras indiquen otra cosa, la proporción en peso árido/resina, estará comprendida para morteros entre tres (3) y siete (7), y para hormigones entre tres (3) y doce (12).

La proporción podrá variar según la viscosidad de la resina, la temperatura y restantes condiciones en que se realice la mezcla.

## 616.4. Fabricación

La mezcla podrá realizarse manual o mecánicamente.

Primeramente se mezclarán los componentes de la resina, y a continuación se añadirá gradualmente el árido fino, en caso de morteros, o el árido fino, y a continuación el grueso, en caso de hormigones.

## 616.5. Medición y abono

Salvo que estén incluidos en el precio de otra unidad, los morteros y hormigones epoxi se abonarán por metros cúbicos ( $m^3$ ) realmente colocados en obra, medidos sobre los Planos.

# 620. *Perfiles y chapas de acero laminados en caliente, para estructuras metálicas* (\*)

## 620.1. Definición

Se definen como perfiles y chapas de acero laminados en caliente, a los productos laminados en caliente, de espesor mayor que tres milímetros (3 mm), de sección transversal constante, distintos según ésta, empleados en las estructuras y elementos de acero estructural.

## 620.2. Tipos

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación, en aplicación de la Directiva 89/106 CE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9.º del mencionado Real Decreto.

Los perfiles y chapas de acero laminados en caliente, para estructuras metálicas, se clasificarán en función de:

- Su geometría: Los productos de acero laminados en caliente se agrupan en series por las características geométricas de su sección. Las series utilizadas actualmente se indican en la Tabla 620.1. Con carácter indicativo se citan las normas relativas a las dimensiones y términos de sección.

La chapa suele emplearse solamente como materia prima para la obtención por corte de elementos planos.

Tabla 620.1. Series de productos de acero laminados en caliente

Serie	Normas: Dimensiones y términos de sección
Perfil IPN	UNE 36521
Perfil IPE	UNE 36526
Perfil HEB (serie normal)	UNE 36524
Perfil HEA (serie ligera)	UNE 36524
Perfil HEM (serie pesada)	UNE 36524
Perfil U normal (UPN)	UNE 36522
Perfil L	UNE-EN 10056 <sup>(1)</sup>
Perfil LD	UNE-EN 10056 <sup>(1)</sup>
Perfil T	UNE-EN 10055
Perfil U comercial	UNE 36525
Redondo	UNE 36541
Cuadrado	UNE 36542
Rectangular	UNE 36543
Hexagonal	UNE 36547
Chapa	Véase nota 1

Nota 1. Producto laminado plano de anchura mayor que mil quinientos milímetros (1.500 mm). Según su espesor se clasifica en:

- Chapa media: Igual o mayor que 3 mm hasta 4,75 mm.
- Chapa gruesa: Mayor que 4,75 mm.

- Su tipo y grado de acero: Los tipos y grados de acero habitualmente empleados para la fabricación de estos productos, designados según la Norma UNE-EN 10027 parte 1, son los que figuran en la tabla 620.2. También está permitido el empleo de los tipos y grados de acero de construcción de alto límite elástico (según UNE-EN 10137, partes 1, 2 y 3), los de grano fino para construcción soldada (según UNE-EN 10113, partes 1, 2 y 3), los aceros de cons-

(\*) Artículo incorporado por la OM FOM/475/2002, de 13 de febrero, que derogó el artículo 620. «Productos laminados para estructuras metálicas».

trucción con resistencia mejorada a la deformación perpendicular a la superficie del producto (según UNE-EN 10164).

- Estados de desoxidación admisibles: FN (no se admite acero efervescente) y FF (acero clamado).

**Tabla 620.2. Tipos y grados de acero habituales para perfiles y chapas, según UNE-EN 10025**

S 235 JR	S 275 JR	S 355 JR
S 235 J0	S 275 J0	S 355 J0
S 235 J2	S 275 J2	S 355 J2
		S 355 K2

## 620.3. Características

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.º.

La garantía de calidad de los perfiles y chapas de acero laminados en caliente, para estructuras metálicas, será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

### 620.3.1. Características de los aceros

#### 620.3.1.1. Composición química

La composición química de los aceros utilizados para la fabricación de los perfiles, secciones y chapas, será la especificada en la norma UNE-EN 10025, o en su caso, la especificada en la norma de condiciones técnicas de suministro que en cada caso corresponda (UNE-EN 10113, UNE-EN 10137, UNE-EN 10155 o UNE-EN 10164).

Para la verificación de la composición química sobre el producto, se deberán utilizar los métodos físicos o químicos analíticos descritos en las normas UNE al efecto en vigor.

#### 620.3.1.2. Características mecánicas

Las características mecánicas de los aceros utilizados para la fabricación de los perfiles, secciones y chapas, serán las especificadas en la norma UNE-EN 10025, o en su caso, las especificadas en la norma de condiciones técnicas de suministro que en cada caso corresponda (UNE-EN 10113, UNE-EN 10137, UNE-EN 10155 o UNE-EN 10164).

- Límite elástico  $R_{eH}$ : Es la carga unitaria, referida a la sección inicial de la probeta, que corresponde a la cedencia en el ensayo a tracción según la Norma UNE 7474(1), determinada por la detención de la aguja de lectura de la máquina de ensayo. Esta definición corresponde al límite superior de cedencia.
- Resistencia a la tracción  $R_m$ : Es la carga unitaria máxima, soportada durante el ensayo a tracción según la Norma UNE 7474(1), después de producida la rotura de la probeta, y reconstruida ésta, expresado en tanto por ciento de la distancia inicial.
- Alargamiento de rotura A: Es el aumento de la distancia inicial entre puntos, en el ensayo de tracción según la norma UNE 7474(1), después de producida la rotura de la probeta, y reconstruida ésta, expresada en tanto por ciento de la distancia inicial.
- Resiliencia KV: Es la energía absorbida en el ensayo de flexión por choque, con probeta entallada, según la Norma UNE 7475(1).

#### 620.3.1.3. Características tecnológicas

Soldabilidad: En el caso de productos fabricados con acero conforme a las normas UNE-EN 10025 o UNE-EN 10113, deberá determinarse el valor del carbono equivalente (CEV), y dicho valor, debe cumplir lo especificado al respecto en la norma de condiciones técnicas de suministro que en cada caso corresponda.

En el caso de productos fabricados con aceros conforme a las normas UNE-EN 10137, UNE-EN 10155 o UNE-EN 10164, se estará a lo dispuesto en las propias normas.

Para la verificación del CEV sobre el producto se deberán utilizar los métodos físicos o químicos analíticos descritos en las normas UNE al efecto en vigor.

Dado que en este artículo sólo contemplan

aceros soldables, el suministrador, a través del Contratista, facilitará al Director de las Obras los procedimientos y condiciones recomendados para realizar, cuando sea necesario, las soldaduras.

Los aceros de los grados JR, J0, J2G3, J2G4, K2G3 y K2G4, generalmente, son aptos para el soldeo por todos los procedimientos. La soldabilidad es creciente desde el grado JR hasta el grado K2.

El riesgo de que se produzcan grietas en frío en la zona soldada aumenta con el espesor del producto, con el nivel de resistencia y con el carbono equivalente. El agrietamiento en frío puede producirse por la acción combinada de los siguientes factores:

- Cantidad de hidrógeno difusible en el metal de aportación.
- Una estructura frágil de la zona afectada térmicamente.
- Concentraciones importantes de tensiones de tracción en la unión soldada.

Cuando se prescriba la utilización de ciertas recomendaciones, tales como las recogidas en la Norma UNE-EN 1011 o en normas nacionales que sean aplicables, las condiciones de soldeo y los distintos niveles de soldabilidad recomendados, para cada tipo de acero, pueden estar determinados en función del espesor del producto, de la energía aportada a la soldadura, de los requisitos de producto, de la eficiencia de los electrodos, del proceso de soldeo y de las características del metal de aportación.

Doblado: Es un índice de la ductilidad del material, definido por la ausencia o presencia de fisuras en el ensayo de doblado, según la Norma UNE 7472, efectuado sobre el mandril que se indica en la tabla de características de las normas de condiciones técnicas de suministro, para cada una de las distintas clases de acero. Esta característica es opcional y su verificación sólo es exigible si expresamente así se indica en el pedido.

### 620.3.2. Características de los perfiles y chapas

Las tolerancias dimensionales, de forma y de masa de cada producto son las especificadas en la norma correspondiente que figura en la Tabla 620.3.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá fijar tolerancias más estrictas para el caso de aplicaciones especiales.

### 620.4. Ejecución

El Contratista comunicará por escrito al Director de las Obras, antes de transcurridos treinta días (30 d) desde la fecha de firma del acta de comprobación del replanteo, la relación completa de las empresas suministradoras de los perfiles y chapas laminados en caliente, para estructuras metálicas, objeto del proyecto, así como la mar-

Tabla 620.3. Medidas y tolerancias. Normas aplicables para cada producto

Serie	Norma de producto	
	Medidas	Tolerancias
Perfiles IPN	UNE 36521	UNE-EN 10024
Perfiles IPE	UNE 36526	UNE-EN 10034
Perfiles HEB, HEA, HEM	UNE 36524	UNE-EN 10034
Perfiles UPN	UNE 36522	UNE-EN 10279
Perfiles L	UNE-EN 10056 <sup>(1)</sup>	UNE-EN 10056 <sup>(2)</sup>
Perfiles LD	UNE-EN 10056 <sup>(1)</sup>	UNE-EN 10056 <sup>(2)</sup>
Perfiles T	UNE-EN 10055	
Perfiles U comercial	UNE 36525	UNE-EN 10279
Redondos	UNE 36541	
Cuadrados	UNE 36542	
Rectangulares	UNE 36543	
Hexagonales	UNE 36547	
Chapas y planos anchos de espesor $\geq 3$ mm y ancho $\geq 1.500$ mm	UNE 36559	

ca comercial, o referencia que dichas empresas dan a esa clase y calidad.

## 620.5. Control de calidad

### 620.5.1. Suministro

A los efectos del control de suministro de los productos de acero laminados en caliente para estructuras metálicas, se denomina partida al material que simultáneamente cumpla las siguientes condiciones:

- Que pertenezca a una de las series de productos citados en la Tabla 620.1.
- Que corresponda al mismo tipo y grado de acero.
- Que proceda de un mismo fabricante.
- Que haya sido suministrado de una vez.

No podrán utilizarse productos de acero laminados en caliente para estructuras metálicas que no lleguen acompañados de la documentación indicada a continuación.

A la entrega de cada suministro se aportará un albarán con documentación anexa, conteniendo, entre otros, los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.
- Fecha del suministro.
- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Número de partidas que componen el suministro, identificando para cada partida, al fabricante y su contenido (peso, número de perfiles o chapas, tipo de producto según se indica en la tabla 620.1, tipo y grado de acero según se indica en la tabla 620.2).

Además, cada partida deberá llegar acompañada de la siguiente documentación según el caso.

Si se trata de una partida con una marca, sello o distintivo de calidad reconocido (620.8):

- Documento acreditativo de que la partida está en posesión de una marca, sello o distintivo de calidad reconocido.
- Certificado del fabricante, firmado por persona física, en el que se indiquen los valores de las diferentes características según se especi-

fica en el apartado 620.3, que justifiquen que los productos de acero laminados en caliente para estructuras metálicas cumplen las exigencias contenidas en este artículo.

Si se trata de una partida sin una marca, sello o distintivo de calidad reconocido (620.8):

- Certificado del fabricante, firmado por persona física, en el que se indiquen los valores de las diferentes características según se especifica en el apartado 620.3, que justifiquen que los productos de acero laminados en caliente para estructuras metálicas cumplen las exigencias contenidas en este artículo.
- Resultados de los ensayos, que justifiquen que los productos de acero laminados en caliente de esa partida cumplen las exigencias establecidas en el apartado 620.3, efectuados por un laboratorio autorizado conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

Una vez comprobada la documentación que debe acompañar al suministro, se deberá proceder a comprobar el correcto marcado de los productos según los criterios siguientes:

- Los perfiles y secciones de los tipos U normal (UPN), IPE; I con alas inclinadas (antiguo IPN) y HE de alas anchas y caras paralelas (HEB, HEA, HEM), llevarán la identificación del fabricante estampada en caliente, mediante los rodillos de laminación, a intervalos de dos mil quinientos milímetros (2.500 mm) como máximo, además deberá marcarse la designación abreviada del producto y del tipo y grado de acero, así como la identificación de la colada de procedencia, mediante pintado o grabado. Esta información, completa y fácilmente identificable, deberá figurar en todos y cada uno de los perfiles individuales.
- Los perfiles y secciones de los tipos U comercial, T con alas iguales y aristas redondeadas, los angulares de lados iguales o desiguales, los redondos, los cuadrados, los hexagonales y los perfiles rectangulares de canto vivo, llevarán la identificación del fabricante, la designación abreviada del producto y del tipo y grado de acero, así como la identificación de la colada de procedencia, mediante un método a elección del fabricante.
- Las chapas y planos anchos de espesor ( $\geq 3$  mm) y ancho ( $\geq 1.500$  mm) llevarán

la marca de identificación del fabricante, el número de la pieza, el número de la cola, las dimensiones, y la designación del tipo y grado del acero, pintados y troquelados.

- No podrán utilizarse productos de acero laminados en caliente para estructuras metálicas que no estén correctamente marcados.

### 620.5.2. Acopio

Se comprobará que los perfiles y chapas laminados en caliente, para estructuras metálicas, acopiados se corresponden con todo lo previamente comunicado al Director de las Obras, según se especifica en el apartado 620.4.

A los efectos del control de los acopios, se denomina unidad de inspección al material que simultáneamente cumpla las siguientes condiciones:

- Corresponde al mismo tipo y grado de acero.
- Procede de un mismo fabricante.
- Pertenece a una de las siguientes series en función del espesor máximo de la sección:
  - Serie ligera ( $e \leq 16$  mm).
  - Serie media ( $16 \text{ mm} < e \leq 40$  mm).
  - Serie pesada ( $e > 40$  mm).

El tamaño máximo de la unidad de inspección será de:

- Ochenta toneladas (80 t), en el caso de acopios con una marca, sello o distintivo de calidad reconocido (620.8)
- Cuarenta toneladas (40 t), en el caso de acopios sin una marca, sello o distintivo de calidad reconocido (620.8)

Los criterios que se describen a continuación para realizar el control de calidad de los acopios serán sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

Se distinguen dos niveles distintos de intensidad para el control de los acopios de estos productos:

- Control de acopios con una marca, sello o distintivo de calidad reconocido (620.8). En este caso, los resultados del control de-

ben disponerse antes de la puesta en obra de la unidad de obra de la que formen parte.

- Control de acopios sin una marca, sello o distintivo de calidad reconocido (620.8). En este caso, los ensayos deben realizarse y obtenerse los resultados, previamente a la ejecución de la unidad de obra de la que vayan a formar parte, de tal forma que todos los productos de acero laminados en caliente para estructuras metálicas que se empleen en cada unidad de obra deben estar previamente totalmente identificados.

Los criterios de aceptación y rechazo serán:

- Composición química (620.3.1.1) y características tecnológicas (620.3.1.3): Cada unidad de inspección será controlada mediante un ensayo de cada una de las características, según se especifica en la Norma UNE-EN 10025 o en la Norma de condiciones técnicas de suministro que en cada caso corresponda (UNE-EN 10113, UNE-EN 10137, UNE-EN 10155 o UNE-EN 10164). Si los resultados de todos los ensayos son satisfactorios, la unidad de inspección será aceptada. Si el resultado, para alguna de las características, no es satisfactorio, se efectuará un nuevo ensayo de esta característica sobre cuatro (4) nuevas probetas de la unidad de inspección correspondiente. Cualquier fallo registrado en estos nuevos ensayos obligará a rechazar la unidad de inspección.
- Tolerancias dimensionales, de forma y de masa (620.3.2): Cada unidad de inspección será controlada mediante ensayos sobre un producto muestra. Si los resultados de todos los ensayos son satisfactorios, la unidad de inspección será aceptada. Si el resultado, para alguna de las características, no es satisfactorio, se efectuará un nuevo ensayo de esa característica sobre cuatro (4) nuevos productos muestra de la unidad de inspección correspondiente. Cualquier fallo registrado en estos nuevos ensayos obligará a rechazar la unidad de inspección.
- Características mecánicas (620.3.1.2): Cada unidad de inspección será controlada mediante ensayos sobre dos (2) juegos de probetas, que se tomarán, según se especifica en la Norma UNE-EN 10025 o en la norma de condiciones técnicas de suministro que en cada caso corresponda (UNE-EN 10113,



UNE-EN 10137, UNE-EN 10155 o UNE-EN 10164). Si los resultados de ambos ensayos son satisfactorios, la unidad de inspección será aceptada. Si los dos resultados fuesen no satisfactorios, la unidad de inspección será rechazada, y si solamente uno de ellos resulta no satisfactorio, se efectuará un nuevo ensayo completo de todas las características mecánicas sobre dieciséis (16) juegos de probetas de la unidad de inspección correspondiente. El resultado se considerará satisfactorio si la media aritmética de los resultados obtenidos supera el valor mínimo garantizado y todos los resultados superan el noventa y cinco por ciento (95%) de dicho valor. En caso contrario la unidad de inspección será rechazada. En el caso de Rm además de lo citado anteriormente, la media aritmética será inferior al valor máximo garantizado y todos los resultados serán inferiores al 105% de dicho valor.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, podrá fijar otros criterios de aceptación y rechazo.

### 620.6. Almacenamiento

Los perfiles y chapas de acero laminados en caliente para estructuras metálicas, se almacenarán de forma que no se perjudique su estado de conservación.

### 620.7. Medición y abono

La medición y abono de los perfiles y chapas de acero laminados en caliente, para estructuras metálicas, se realizará de acuerdo con lo específicamente indicado en la unidad de obra de la que formen parte.

En acopios se medirán por kilogramos (kg) realmente acopiados, medidos por pesada en báscula debidamente contrastada.

### 620.8. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos con-

templados en el presente artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### Normas de referencia en el artículo 620

UNE 7472. Materiales metálicos. Ensayos de plegado simple.

UNE 7474. Materiales metálicos. Ensayos de tracción.

UNE 7475. Materiales metálicos. Ensayos de flexión por choque sobre probeta Charpy.

UNE 36521. Productos de acero. Sección en I con alas inclinadas (Antiguo IPN). Medidas.

UNE 36522. Productos de acero. Perfil U normal (UPN). Medidas.

UNE 36524. Productos de acero laminados en caliente. Perfiles HE de alas anchas y caras paralelas. Medidas.

UNE 36525. Productos de acero. Perfil U comercial. Medidas.

UNE 36526. Productos de acero laminados en caliente. Perfiles IPE. Medidas.

UNE 36541. Productos de acero. Redondo laminado en caliente. Medidas y tolerancias.

UNE 36542. Productos de acero. Cuadrado laminado en caliente. Medidas y tolerancias.

UNE 36543. Productos de acero: Barras rectangulares de canto vivo, laminadas en caliente. Medidas y tolerancias.

UNE 36547. Productos de acero. Hexagonal laminado en caliente. Medidas y tolerancias.

UNE 36559. Chapas de acero laminadas en

caliente, de espesor igual o superior a 3 mm. Tolerancias dimensionales sobre la forma y sobre la masa.

UNE-EN 1011. Soldeo. Recomendaciones para el soldeo de materiales metálicos.

UNE-EN 10024. Productos de acero laminados en caliente. Sección en I con alas inclinadas. Tolerancias dimensionales y de forma.

UNE-EN 10025. Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro.

UNE-EN 10027. Sistemas de designación de aceros.

UNE-EN 10034. Perfiles I y H de acero estructural. Tolerancias dimensionales y de forma.

UNE-EN 10055. Perfil T de acero con alas iguales y aristas redondeadas laminado en caliente. Medidas y tolerancias dimensionales y de forma

UNE-EN 10056. Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural.

UNE-EN 10113. Productos laminados en caliente para construcciones metálicas. Aceros soldables de grano fino.

UNE-EN 10137. Planchas y planos de acero de construcción de alto límite elástico en las condiciones de templado y revenido o endurecidos por precipitación.

UNE-EN 10155. Aceros para construcción metálica con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica. Condiciones técnicas de suministro.

UNE-EN 10164. Aceros de construcción con resistencia mejorada a la deformación en la dirección perpendicular a la superficie del producto. Condiciones técnicas de suministro.

UNE-EN 10279. Perfiles en U de acero, laminados en caliente. Tolerancias dimensionales, de la forma y de la masa.

# 621. Roblones

## 621.1. Definición

Se definen como roblones, los remaches cuyas cabezas se forman en caliente.

Pueden ser de dos tipos, según la forma de la cabeza:

- Tipo E: Roblones de cabeza esférica.
- Tipo P: Roblones de cabeza plana.

## 621.2. Designación

Los roblones se designarán por la letra que hace referencia a la forma de la cabeza, seguida de los números que indican el diámetro de la caña y su longitud, separados por el signo ‘;’; seguirá el tipo de acero.

## 621.3. Materiales

Los roblones serán de acero, de las clases y con las características mecánicas especificadas en la Tabla 621.1.

Estas características se determinarán de acuerdo con las Normas UNE 7010 y UNE 7246, con la modificación de que la longitud inicial entre puntos será: La composición química de estos aceros se ajustará a lo que prescribe la Norma UNE 36080-73.

## 621.4. Forma y dimensiones

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la forma y dimensiones de los roblones, que, en general, deberán estar comprendidos dentro de los que se relacionan en las Tablas 621.2 y 621.3, y cumplir las tolerancias señaladas en las Tablas 621.4 y 621.5.

## 621.5. Recepción

Con el certificado de garantía del fabricante podrá prescindirse, en general, de los ensayos de recepción, a no ser que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares los imponga.

En caso de no estar previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, el Director de las obras podrá ordenar la realización de ensayos de resistencia a cortadura.

Tabla 621.1

Clase de acero	Resistencia a tracción $\sigma_R$ mínimo máximo kg/mm <sup>2</sup>	Alargamiento de rotura $\delta$ mínimo %	Resistencia a cortadura $\tau_R$ mínima máxima kg/mm <sup>2</sup>	Tipo de acero de los productos a unir
A34b	34 a 42	28	25 a 36	A37
A34c	34 a 42	28	25 a 36	A42
A42c	42 a 50	23	31 a 42	A52

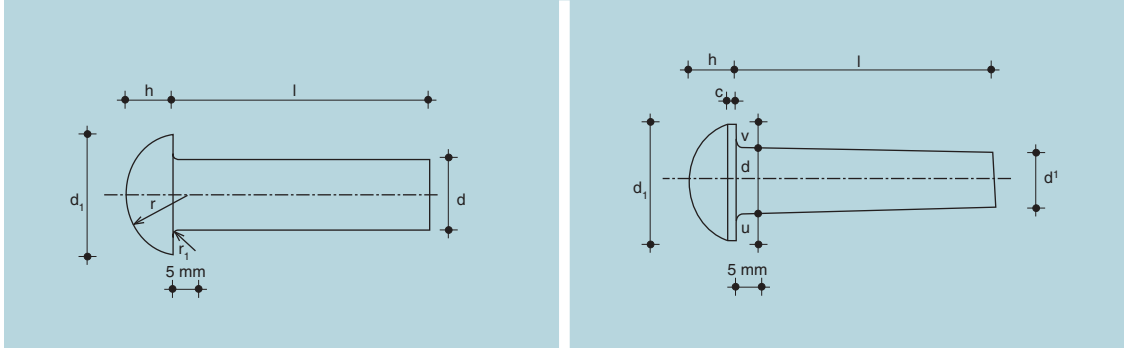


Tabla 621.2. Dimensiones de los roblones de cabeza esférica

Designación del roblón	Diámetro de la caña $d$ (mm)	Diámetro de la cabeza $d_1$ (mm)	Altura de la cabeza $h$ (mm)	Radio de la esfera $r$ (mm)	Radio del acuerdo $r_1$ (mm)	Diámetro del agujero $a$ (mm)
E 10	10	16	6,5	8,0	0,5	11
E 12	12	19	7,5	9,5	0,6	13
E 14	14	22	9,0	11,0	0,6	15
E 16	16	25	10,0	13,0	0,8	17
E 18	18	28	11,5	14,5	0,8	19
E 20	20	32	13,0	16,5	1,0	21
E 22	22	36	14,0	18,5	1,0	23
E 24	24	40	16,0	20,5	1,2	25
E 27	27	43	17,0	22,0	1,2	28
E 30	30	48	19,0	24,5	1,6	31
E 33	33	53	21,0	27,0	1,6	34
E 36	36	58	23,0	30,0	2,0	37

Tabla 621.3. Dimensiones de los roblones de cabeza plana

Designación del roblón	Diámetro de la caña $d$ (mm)	Ángulo del cono $\alpha$ (mm)	Diámetro de la cabeza $d_1$ (mm)	Altura de la cabeza $h$ (mm)	Diámetro del agujero $a$ (mm)
P 10	10	75	14,5	3,0	11
P 12	12	75	18,0	4,0	13
P 14	14	75	21,5	5,0	15
P 16	16	75	26,0	6,5	17
P 18	18	75	30,0	8,0	19
P 20	20	60	31,5	10,0	21
P 22	22	60	34,5	11,0	23
P 24	24	60	38,0	12,0	25
P 27	27	60	42,0	13,5	28
P 30	30	45	42,5	15,0	31
P 33	33	45	46,5	16,5	34
P 36	36	45	51,0	18,0	37

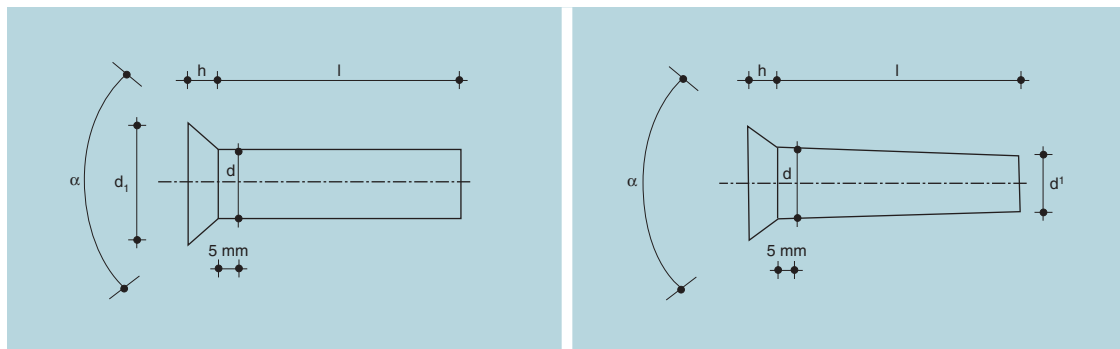


Tabla 621.4. Tolerancias dimensionales de los roblones de cabeza esférica

Designación del roblón	Diámetro de la caña				Diámetro de la cabeza $d_1$ (mm)		Altura de la cabeza $h$ (mm)		Parte cilíndrica de la cabeza $c$ (mm)	Excentricidad de la cabeza $u-v$ (mm)	Longitud de la caña $l$ (mm)
	En la sección AA' (mm)		En la sección BB' (mm)								
E 10	+0,3	-0,1	+0,3	-0,6	+0	-1,1	+0,9	-0	2,0	0,5	
E 12	+0,3	-0,1	+0,3	-0,7	+0	-1,3	+0,9	-0	2,0	0,5	Menor de 50 mm:
E 14	+0,3	-0,1	+0,3	-0,8	+0	-1,3	+0,9	-0	2,0	0,5	+2,0%
E 16	+0,3	-0,1	+0,3	-0,8	+0	-1,3	+0,9	-0	2,0	0,5	-0%
E 18	+0,3	-0,1	+0,3	-0,9	+0	-1,3	+1,1	-0	2,5	0,5	
E 20	+0,3	-0,1	+0,3	-1,1	+0	-1,6	+1,1	-0	2,5	1,0	De 50 mm a 100 mm:
E 22	+0,3	-0,1	+0,3	-1,1	+0	-1,6	+1,1	-0	2,5	1,0	+1,5%
E 24	$\pm 0,3$		+0,3	-1,2	+0	-1,6	+1,1	-0	3,0	1,0	-0%
E 27	$\pm 0,3$		+0,3	-1,4	+0	-1,6	+1,1	-0	3,0	1,0	
E 30	+0,3		+0,3	-1,4	+0	-1,6	+1,3	-0	3,0	1,0	Mayor de 100 mm:
E 33	$\pm 0,3$		+0,3	-1,4	+0	-1,9	+1,3	-0	3,0	1,5	+1,0%
E 36	$\pm 0,3$		+0,3	-1,4	+0	-1,9	+1,3	-0	3,0	1,5	-0%

Tabla 621.5. Tolerancias dimensionales de los roblones de cabeza plana

Designación del roblón	Diámetro de la caña				Ángulo de la cabeza $\alpha$ (mm)		Altura de la cabeza $h$ (mm)		Longitud de la caña $L$ (mm)
	En la sección AA' (mm)		En la sección BB' (mm)						
P 10	+0,3	-0,1	+0,3	-0,6	+5°	-0°	+0,8	-0	
P 12	+0,3	-0,1	+0,3	-0,7	+5°	-0°	+0,8	-0	Menor de 50 mm:
P 14	+0,3	-0,1	+0,3	-0,8	+5°	-0°	+1,0	-0	+2,0%
P 16	+0,3	-0,1	+0,3	-0,8	+5°	-0°	+1,0	-0	-0%
P 18	+0,3	-0,1	+0,3	-0,8	+5°	-0°	+1,0	-0	
P 20	+0,3	-0,1	+0,3	-1,1	+5°	-0°	+1,3	-0	De 50 mm a 100 mm:
P 22	+0,3	-0,1	+0,3	-1,1	+5°	-0°	+1,3	-0	+1,5%
P 24	+0,3		+0,3	-1,2	+5°	-0°	+1,3	-0	-0%
P 27	+0,3		+0,3	-1,4	+5°	-0°	+1,3	-0	
P 30	+0,3		+0,3	-1,4	+5°	-0°	+1,5	-0	Mayor de 100 mm:
P 33	+0,3		+0,3	-1,4	+5°	-0°	+1,5	-0	+1,0%
P 35	+0,3		+0,3	-1,4	+5°	-0°	+1,5	-0	-0%

En todo caso, se comprobará que los roblones tienen las superficies lisas y no presentan fisuras, rebabas u otros defectos que perjudiquen su empleo, que la unión de la cabeza a la caña está exenta de pliegues y que la superficie de apoyo es normal al eje del roblón.

### **621.6. Medición y abono**

La medición y abono de los roblones se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

# 622. Tornillos ordinarios y calibrados

## 622.1. Definición

Se definen como tornillos, los elementos de unión con fileteado helicoidal de perfil apropiado, que se emplean como piezas de unión para ejercer un esfuerzo de compresión.

Este Artículo comprende dos tipos de tornillos:

- Tipo T: Tornillos ordinarios.
- Tipo TC: Tornillos calibrados.

También comprende sus tuercas y arandelas.

## 622.2. Designación

Los tornillos ordinarios se designarán por la letra T, seguida del diámetro nominal de la caña y la longitud del vástago, separados por el signo x; seguirá el tipo de acero.

Los tornillos calibrados se designarán por las letras TC, seguidas del diámetro nominal de la caña y longitud del vástago, separados por el signo x; seguirá el tipo de acero.

Las tuercas se designarán por la letra M, seguida del diámetro nominal y el tipo de acero.

En las arandelas se distinguen tres tipos, según los perfiles a unir:

- Tipo A: Arandelas planas.
- Tipo AI: Arandelas inclinadas para emplear sobre alas de perfiles IPN.
- Tipo AU: Arandelas inclinadas para emplear sobre alas de perfiles UPN.

Las arandelas se designarán por la letra o letras distintivas del tipo, seguida del diámetro nominal del tornillo con que se emplean y del tipo de acero.

## 622.3. Materiales

Las características del acero utilizado para la fabricación de los productos definidos en este Artículo, se especifican en la Tabla 622.1.

Estas características se determinarán de acuerdo con las Normas UNE 7017, UNE 7262 y UNE 7282.

## 622.4. Dimensiones y tolerancias

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las características y dimensiones de los tornillos, que, en general, deberán estar comprendidas dentro de las que se relacionan en las Tablas 622.2 y 622.3, y cumplir las tolerancias señaladas en las Tablas 622.4 y 622.5.

Las características y dimensiones de las tuercas deberán estar comprendidas dentro de las que se relacionan en la Tabla 622.6.

Las características y dimensiones de las arandelas deberán estar comprendidas dentro de las que se relacionan en las Tablas 622.7, 622.8 y 622.9.

Las tolerancias de tuercas y arandelas serán las especificadas en la Tabla 622.10.



Tabla 622.1. Acero de los tornillos

Tipo de tornillos	Tipo de acero de los productos a unir	Tipo de acero	Re mínimo		R		A % mín.	HB (1)
			kgf/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>		
Ordinarios	A37	A40t	24	235	40/55	390/540	25	120/165
	A42	A40t	24	235	40/55	390/540	25	120/165
Calibrados	A37	A40t	24	235	40/55	390/540	25	120/165
	A42	A40t	24	235	40/55	390/540	25	120/165
	A52	A50t	30	295	50/70	490/690	20	145/205

## Aceros de las tuercas y arandelas

Ordinarios y calibrados	A37	A40t	24	235	40/55	390/540	25	120/165
	A42	A40t	24	235	40/55	390/540	25	120/165
	A52	A40t	24	235	40/55	390/540	25	120/165

(1) El valor de la dureza es solamente orientativo.

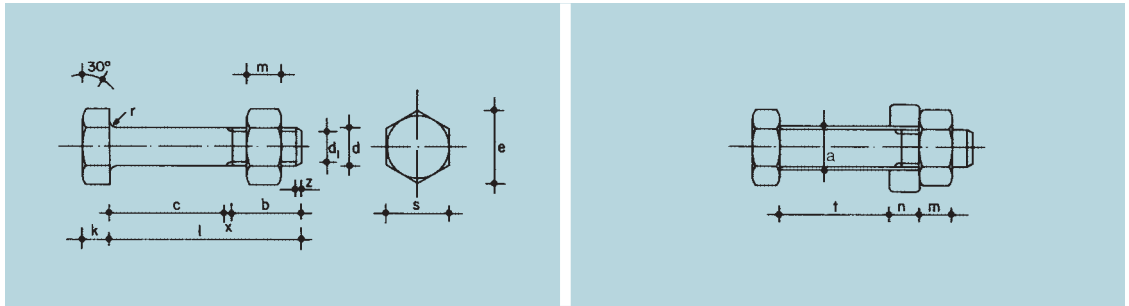


Tabla 622.2. Dimensiones de tornillos ordinarios

Tornillo tipo	Vástago					Cabeza				Diámetro del agujero a (mm)
	Diámetro de la caña d (mm)	Diámetro interior d <sub>1</sub> (mm)	Longitud roscada b (mm)	Longitud de la salida x (mm)	Longitud del chaflán z (mm)	Espesor k (mm)	Medida entre caras s (mm)	Medida entre aristas e (mm)	Radio del acuerdo r (mm)	
T 10	10	8,160	17,5	2,5	1,7	7	17	19,6	0,5	11
T 12	12	9,853	19,5	2,5	2,0	8	19	21,9	1,0	13
T 16	16	13,546	23,0	3,0	2,5	10	24	27,7	1,0	17
T 20	20	16,933	25,0	4,0	3,0	13	30	34,6	1,0	21
(T 22)	22	18,933	28,0	4,0	3,3	14	32	36,9	1,0	23
T 24	24	20,319	29,5	4,5	4,0	15	36	41,6	1,0	25
(T 27)	27	23,319	32,5	4,5	4,0	17	41	47,3	1,0	28
T 30	30	25,706	35,0	5,0	5,0	19	46	53,1	1,0	31
(T 33)	33	28,706	38,0	5,0	5,0	21	50	57,7	1,0	34
T 36	36	31,093	40,0	6,0	6,0	23	55	63,5	1,0	37

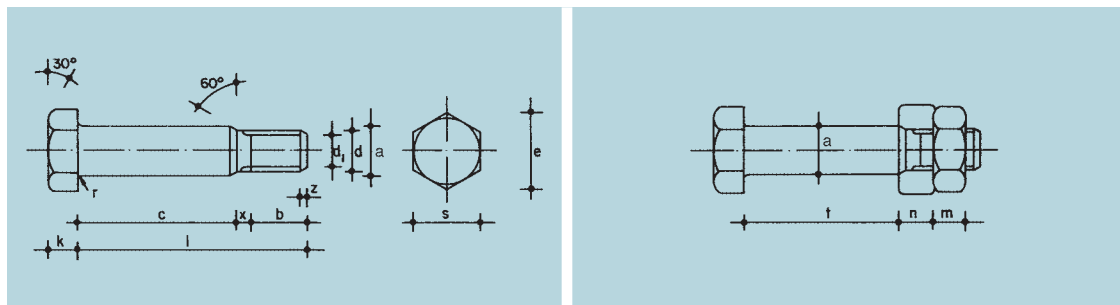


Tabla 622.3. Dimensiones de tornillos calibrados

Tornillo calibrado tipo	Vástago					Cabeza				Área del núcleo $A_n$ (cm <sup>2</sup> )	Área resistente $A_r$ (cm <sup>2</sup> )
	Diámetro de la caña del agujero $a$ (mm)	Diámetro exterior de la rosca $d$ (mm)	Diámetro interior de la rosca $d_s$ (mm)	Longitud roscada $b$ (mm)	Longitud de la salida $x$ (mm)	Espesor $k$ (mm)	Medida entre caras $s$ (mm)	Medida entre aristas $e$ (mm)	Radio del acuerdo $r$ (mm)		
TC 10	11	10	8,160	17,5	2,5	7	17	19,6	0,5	0,523	0,580
TC 12	13	12	9,853	19,5	2,5	8	19	21,9	1,0	0,762	0,843
TC 16	17	16	13,546	23,0	3,0	10	24	27,7	1,0	1,440	1,570
TC 20	21	20	16,933	26,0	4,0	13	30	34,5	1,0	2,250	2,750
TC 22	23	22	18,933	28,0	4,0	14	32	36,9	1,0	2,820	3,030
TC 24	25	24	20,319	29,5	4,5	15	36	41,6	1,0	3,240	3,530
TC 27	28	27	23,319	32,5	4,5	17	41	47,3	1,0	4,270	4,590
TC 30	31	30	25,706	35,0	5,0	19	46	53,1	1,0	5,190	5,610
TC 33	34	33	28,706	38,0	5,0	21	50	57,7	1,0	6,470	6,940
TC 36	39	36	31,093	40,0	6,0	23	55	63,5	1,0	7,590	8,170

Tabla 622.4

Tornillo ordinario tipo	Tolerancias					Longitud del tornillo $l$ (mm)	Tolerancia en la longitud (mm)
	Diámetro de la caña (mm)	Espesor de la cabeza (mm)	Medida entre caras (mm)	Longitud de rosca (mm)	Centrado de la cabeza con el vástago (mm)		
T 10	-0,70	±0,45	-0,43	+2,30	0,58	30	±1,05
T 12	-0,70	±0,45	-0,52	+2,60	0,70	35 a 50	±1,25
T 16	-0,70	±0,90	-0,52	+3,00	0,70	35 a 50	±1,25
T 20	-0,84	±0,90	-0,52	+3,70	0,84	55 a 80	±1,50
T 22	-0,84	±0,90	-1,00	+3,70	0,84	85 a 120	±1,75
T 24	-0,84	±0,90	-1,00	+4,50	0,84	85 a 120	±1,75
T 27	-0,84	±0,90	-1,00	+4,50	0,84	125 a 180	±2,00
T 30	-0,84	±1,05	-1,00	+5,30	0,84	185 a 250	±2,30
T 33	-1,00	±1,05	-1,00	+5,30	1,00	185 a 250	±2,30
T 36	-1,00	±1,05	-1,20	+6,00	1,00	255 a 315	±2,60

Ángulo recto entre el eje de la caña y la base de la cabeza, 2°.  
 Diedros rectos entre las caras y la base de la cabeza, 2°.  
 Inclinación entre el eje de la caña y el eje de la rosca, 1°.

Tabla 622.5

Tornillo calibrado tipo	Tolerancias					Longitud del tornillo $l$ (mm)	Tolerancia en la longitud (mm)
	Diámetro de la caña (mm)	Espesor de la cabeza (mm)	Medida entre caras (mm)	Longitud de la rosca (mm)	Centrado de la cabeza con el vástago (mm)		
TC 10	-0,11	$\pm 0,45$	-0,43	+2,30	0,58	30	$\pm 1,05$
TC 12	-0,11	$\pm 0,45$	-0,52	+2,60	0,70	35 a 50	$\pm 1,25$
TC 16	-0,11	$\pm 0,90$	-0,52	+3,00	0,70	35 a 50	$\pm 1,25$
TC 20	-0,13	$\pm 0,90$	-0,52	+3,70	0,84	55 a 80	$\pm 1,50$
TC 22	-0,13	$\pm 0,90$	-1,00	+3,70	0,84	85 a 120	$\pm 1,75$
TC 24	-0,13	$\pm 0,90$	-1,00	+4,50	0,84	85 a 120	$\pm 1,75$
TC 27	-0,13	$\pm 0,90$	-1,00	+4,50	0,84	125 a 180	$\pm 2,00$
TC 30	-0,16	$\pm 1,05$	-1,00	+5,30	0,84	185 a 250	$\pm 2,30$
TC 33	-0,16	$\pm 1,05$	-1,00	+5,30	1,00	185 a 250	$\pm 2,30$
TC 36	-0,16	$\pm 1,05$	-1,20	+6,00	1,00	255 a 315	$\pm 2,60$

Ángulo recto entre el eje de la caña y la base de la cabeza,  $2^\circ$ .

Diedros rectos entre las caras y la base de la cabeza,  $2^\circ$ .

Inclinación entre el eje de la caña y el eje de la rosca,  $1^\circ$ .

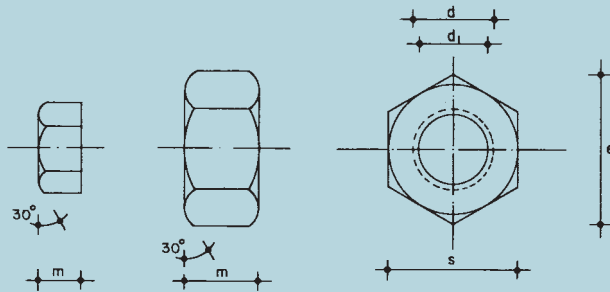


Tabla 622.6

Tuerca tipo	Dimensiones				
	Diámetro nominal $d$ (mm)	Diámetro interior $d_1$ (mm)	Espesor $m$ (mm)	Medida entre aristas $o$ (mm)	Medida entre caras $e$ (mm)
M 10	10	8,376	8	19,6	17
M 12	12	10,106	10	21,9	19
M 16	16	13,835	13	27,7	24
M 20	20	17,294	16	34,6	30
M 22	22	19,294	18	36,9	32
M 24	24	20,725	19	41,6	36
M 27	27	23,752	22	47,3	41
M 30	30	26,211	24	53,1	46
M 33	33	29,211	26	57,7	50
M 36	36	31,670	29	63,5	55

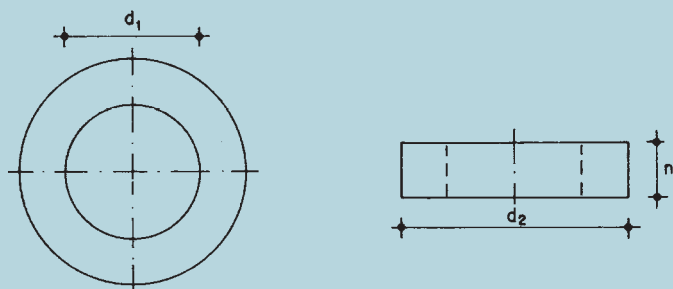


Tabla 622.7

Arandela tipo	Dimensiones		
	Diámetro del agujero $d_1$ (mm)	Diámetro exterior $d_2$ (mm)	Espesor $n$ (mm)
A 10	11,5	21	8
A 12	13,5	24	8
A 16	17,5	30	8
A 20	21,5	36	8
A 22	24,0	40	8
A 24	26,0	44	8
A 27	29,0	50	8
A 30	32,0	56	8
A 33	35,0	60	8
A 36	38,0	68	8

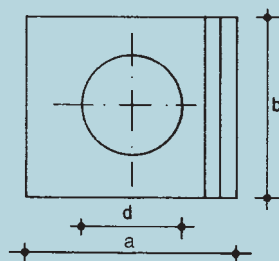


Tabla 622.8

Arandela tipo	Diámetro del agujero $d_1$ (mm)	Lado $a$ (mm)	Testa $b$ (mm)	Espesor			Radio $r$ (mm)
				Mayor $e_1$ (mm)	Medio $e$ (mm)	Menor $e_2$ (mm)	
Al 10	11,5	22	22	4,6	3,0	1,5	1,2
Al 12	13,5	30	26	6,2	4,0	2,0	1,6
Al 16	17,5	36	32	7,5	5,0	2,5	2,0
Al 20	21,5	44	40	9,0	6,0	3,0	2,4
Al 22	24,0	50	44	10,0	6,5	3,0	2,4
Al 24	26,0	56	56	10,8	7,0	3,0	2,4
Al 27	29,0	62	56	11,7	7,5	3,0	2,4
Al 30	32,0	62	62	11,7	7,5	3,0	2,4
Al 33	35,0	68	68	12,5	8,0	3,0	2,4
Al 36	38,0	75	75	13,5	8,0	3,0	2,4

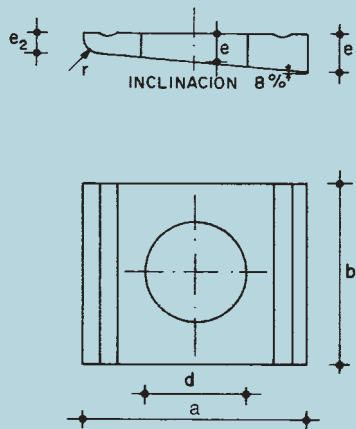


Tabla 622.9

Arandela tipo	Diámetro del agujero $d_1$ (mm)	Lado $a$ (mm)	Testa $b$ (mm)	Espesor			Radio $r$ (mm)
				Mayor $e_1$ (mm)	Medio $e$ (mm)	Menor $e_2$ (mm)	
AU 10	11,5	22	22	3,8	3,0	2,0	1,6
AU 12	13,5	30	26	4,9	4,0	2,5	2,0
AU 16	17,5	36	32	5,9	4,5	3,0	2,4
AU 20	21,5	44	40	7,0	5,0	3,5	2,8
AU 22	24,0	50	44	8,0	6,0	4,0	3,2
AU 24	26,0	56	56	8,5	6,0	4,0	3,2
AU 27	29,0	62	56	9,0	6,5	4,0	3,2
AU 30	32,0	62	62	9,0	6,5	4,0	3,2
AU 33	35,0	68	68	9,4	7,0	4,0	3,2
AU 36	38,0	75	75	10,0	7,0	4,0	3,2

Tabla 622.10. Tolerancias

Diámetro nominal del tornillo	En tuercas		En arandelas tipo A		En arandelas tipo AI y tipo AU			Espesor ( $e_2$ )	
	Espesor (mm)	Medida entre caras (mm)	Diámetro del agujero (mm)	Diámetro exterior (mm)	Diámetro del agujero (mm)	Lado (mm)	Testa (mm)	Tipo AI	Tipo AU
								(mm)	(mm)
10	±0,40	0,43	+0,4	0,5	+0,5	±0,65	±2,00	±0,2	±0,2
12	±0,50	0,52	+0,4	0,5	+0,5	±0,65	±2,00	±0,2	±0,2
16	±0,65	0,52	+0,5	0,5	+0,5	±0,80	±2,50	±0,2	±0,3
20	±0,80	0,52	+0,5	0,8	+0,6	±0,80	±2,50	±0,3	±0,3
22	±0,90	1,00	+0,5	0,8	+0,6	±0,80	±0,25	±0,3	±0,3
24	±0,95	1,00	+0,5	0,8	+0,6	±0,80	±3,00	±0,3	±0,3
27	±1,10	1,00	+0,5	0,8	+0,6	±0,95	±3,00	±0,3	±0,3
30	±1,20	1,00	+0,6	1,0	+0,8	±0,95	±3,00	±0,3	±0,3
33	±1,30	1,00	+0,6	1,0	+0,8	±0,95	±3,00	±0,3	±0,3
36	±1,45	1,20	+0,6	1,0	+0,8	±0,95	±3,00	±0,3	±0,3

Todos	Ortogonalidad entre: Base y eje de la rosca = 2.° Caras y bases = 2.°	Espesor ± 1 mm Paralelismo ( $n_1 - n_2$ ) = 0,3	Inclinación de caras: ± 0,5%
-------	--	--	------------------------------

## 622.5. Recepción

Con el certificado de garantía del fabricante podrá prescindirse, en general, de los ensayos de recepción, a no ser que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares los imponga.

En caso de no estar previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, el Director de las obras podrá ordenar la toma de muestras y la realización de los ensayos que considere oportunos.

Las piezas se suministrarán en envases adecuados, suficientemente protegidos para que los golpes de un transporte ordinario no dañen las mismas.

Cada envase contendrá solamente tornillos, tuercas o arandelas de un mismo tipo, longitud y tipo de acero.

Cada envase llevará una etiqueta indicando:

- Marca del fabricante.
- Designación del tornillo, tuerca o arandela.
- Tipo de acero.
- Número de piezas que contiene.

Los tornillos llevarán marcado en su cabeza, en relieve o en hueco, los números 40 ó 50, según se trate de aceros A 40t ó A 50t, respectivamente, y la marca de identificación del fabricante.

## 622.6. Medición y abono

La medición y abono de los tornillos, tuercas y arandelas se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

# 623. Tornillos de alta resistencia

## 623.1. Definición

Se definen como tornillos, los elementos de unión con fileteado helicoidal de perfil apropiado, que se emplean como piezas de unión para ejercer un esfuerzo de compresión.

Este Artículo comprende los tornillos de alta resistencia, así como sus tuercas y arandelas.

## 623.2. Designación

Los tornillos de alta resistencia se designarán por las letras TR, seguidas del diámetro de la caña y la longitud del vástago, separados por el signo x; seguirá el tipo de acero.

Las tuercas se designarán con las letras MR, el diámetro nominal y el tipo de acero.

En las arandelas se distinguen tres tipos, según los perfiles a unir:

- Tipo AR: Arandelas planas.
- Tipo ARI: Arandelas inclinadas para emplear sobre alas de perfiles IPN.

- Tipo ARU: Arandelas inclinadas para emplear sobre alas de perfiles UPN.

Las arandelas se designarán por las letras que distinguen su tipo, seguidas del diámetro nominal del tornillo con que se emplean.

## 623.3. Materiales

Las características del acero utilizado para la fabricación de los tornillos y tuercas definidos en este Artículo se especifican en la Tabla 623.1.

Para arandelas se utilizará un acero templado en agua o en aceite y revenido. La resistencia a la tracción después del tratamiento no será inferior a cien kilogramos fuerza por milímetro cuadrado (100 kgf/mm<sup>2</sup>) y el alargamiento al seis por ciento (6%). La dureza Brinell, como valor indicativo, estará comprendida entre doscientos setenta y trescientos cincuenta (270 a 350 HB).

Estas características se determinarán de acuerdo con las Normas UNE 7017, UNE 7262, UNE 7282 y UNE 7290.

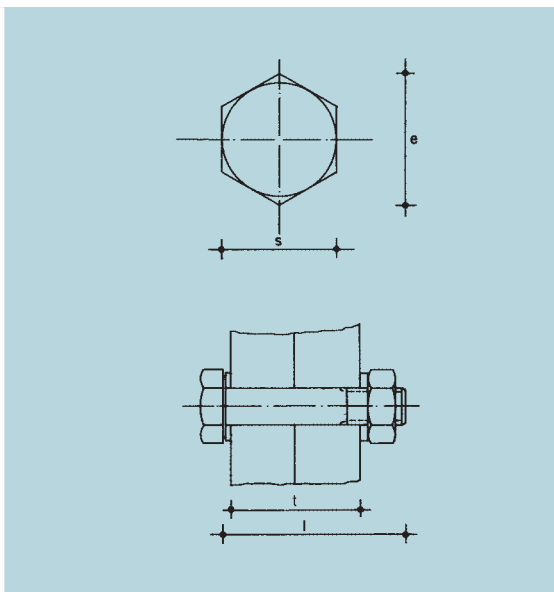
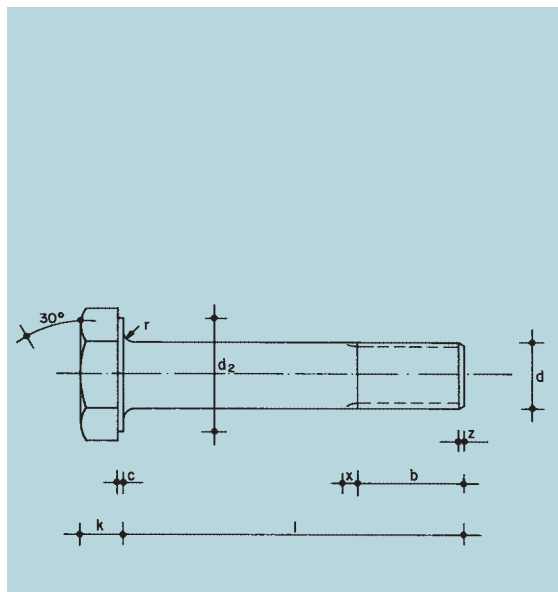
Tabla 623.1

Aceros para	Designación	$R_p$ , 0,2 mín.		$R$		A % mín.	Resiliencia		Composición química (2)			
		kgf/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>		kgf/cm <sup>2</sup>	J	Dureza HB (1)	C %	P % máx.	S % máx.
Tuercas	A 80 t	64	615	80/100	780/980	12	7	137	235/295	0,30/0,50	0,045	0,045
Tornillos	A 100 t	80	920	100/120	980/1.080	8	5	98	295/350	0,50 máx	0,035	0,035

(1) A título orientativo.

(2) Para el acero A 100 t: Cr + Ni + Mo = 0,90% mín.





### 623.4. Dimensiones y tolerancias

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las características y dimensiones de los tornillos, que, en general, deberán estar comprendidos dentro de los que se relacionan en la Tabla 623.2, con las tolerancias que se fijan en la Tabla 623.3. Las longitudes de apretadura serán las que se especifican en la Tabla 623.4.

Las características y dimensiones de las tuercas deberán estar comprendidas dentro de las que se relacionan en la Tabla 623.5, con las tolerancias indicadas en la Tabla 623.6.

Las características y dimensiones de las arandelas deberán estar comprendidas dentro de las que se relacionan en las Tablas 623.7, 623.8 y

623.9, con las tolerancias que se indican en las Tablas 623.10 y 623.11.

623.5. Recepción Con el certificado de garantía del fabricante podrá prescindirse, en general, de los ensayos de recepción, a no ser que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares los imponga.

En el caso de no estar previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, el Director de las obras podrá ordenar la toma de muestras y la realización de los ensayos que considere oportunos.

Las piezas se suministrarán en envases adecuados, suficientemente protegidos, para que los golpes de un transporte ordinario no dañen las mismas.

Cada envase contendrá solamente tornillos,

Tabla 623.2

Tornillo	Diámetro de la caña <i>d</i> (mm)	Vástago				Longitud de la salida <i>x</i> (mm)	Espesor <i>k</i> (mm)	Cabeza				Diámetro máximo del agujero <i>a</i> (mm)
		Longitud roscada <i>b</i> en función de la longitud total <i>l</i>						Medida entre caras <i>s</i> (mm)	Medida entre aristas <i>e</i> (mm)	Diámetro exterior de la base de la cabeza <i>d</i> (mm)	Radio del acuerdo <i>r</i> (mm)	
		<i>l</i> (mm)	<i>b</i> (mm)	<i>l</i> (mm)	<i>b</i> (mm)							
TR 12	12	≤ 40	21	≥ 45	23	2,5	8	22	25,4	20,0	1,6	14
TR 16	16	≤ 70	26	≥ 75	28	3,0	10	27	31,2	25,0	1,6	18
TR 20	20	≤ 85	31	≥ 90	33	4,0	13	32	36,9	30,0	2,0	22
TR 22	22	≤ 85	32	≥ 90	34	4,0	14	36	41,6	34,0	2,0	24
TR 24	24	≤ 85	34	≥ 90	37	4,5	15	41	47,3	39,0	2,0	26
TR 27	27	≤ 95	37	≥ 100	39	4,5	17	46	53,1	43,5	2,5	29

Tabla 623.3

Tornillo	Tolerancias en mm						Longitud del tornillo (mm)	Tolerancia en la longitud / (mm)
	Diámetro de la caña (mm)	Espesor de la cabeza (mm)	Medida entre caras (mm)	Radio del acuerdo (mm)	Longitud de la rosca (mm)	Centrado de la cabeza con el vástago (mm)		
TR 12	-0,70	±0,45	-0,52	-0,40	+2,6	0,70	30 a 50	±1,2
TR 16	-0,70	±0,45	-0,52	-0,40	+3,0	0,70	55 a 80	±1,5
TR 20	-0,84	±0,90	-1,00	-0,50	+3,7	0,84	55 a 80	±1,5
TR 22	-0,84	±0,90	-1,00	-0,50	+3,7	0,84	85 a 120	±1,7
TR 24	-0,84	±0,90	-1,00	-0,50	+4,5	0,84	85 a 120	±1,7
TR 27	-0,84	±0,90	-1,00	-0,50	+4,5	0,84	125 a 150	±2,0

Ángulo recto entre el eje de la caña y la base de la cabeza, 2.º.

Diedros rectos entre las caras y la base de la cabeza, 2.º.

Inclinación entre el eje de la caña y el eje de la rosca, 1.º.

Tabla 623.4

Longitud del vástago / (mm)	Límites de la longitud de apretadura, $t$ , en mm de los tornillos del tipo					
	TR 12	TR 16	TR 20	TR 22	TR 24	TR 27
30	6-10					
35	11-14					
40	15-19	10-14				
45	20-24	15-19				
50	25-29	20-23	15-19			
55	30-34	24-28	20-24	19-23		
60	35-38	29-33	25-29	24-28	22-26	
65	39-43	34-38	30-34	29-33	27-31	
70	44-48	39-43	35-39	34-37	32-36	27-31
75		44-48	40-44	38-42	37-41	32-36
80		49-52	45-49	43-47	42-46	37-41
85		53-57	50-53	48-52	47-50	42-46
90		58-62	54-58	53-57	51-55	47-51
95		63-67	59-63	58-62	56-60	52-56
100		68-72	64-68	63-67	61-65	57-61
105		73-77	69-73	68-72	66-70	62-66
110			74-78	73-77	71-75	67-71
115			79-83	78-82	76-80	72-76
120			84-88	83-86	81-85	77-80
125			89-92	87-91	86-89	81-85
130			93-97	92-96	90-94	86-90
135					95-99	91-95
140					100-104	96-100
145					105-109	101-105
150					110-114	106-110
155						111-115
160						116-120

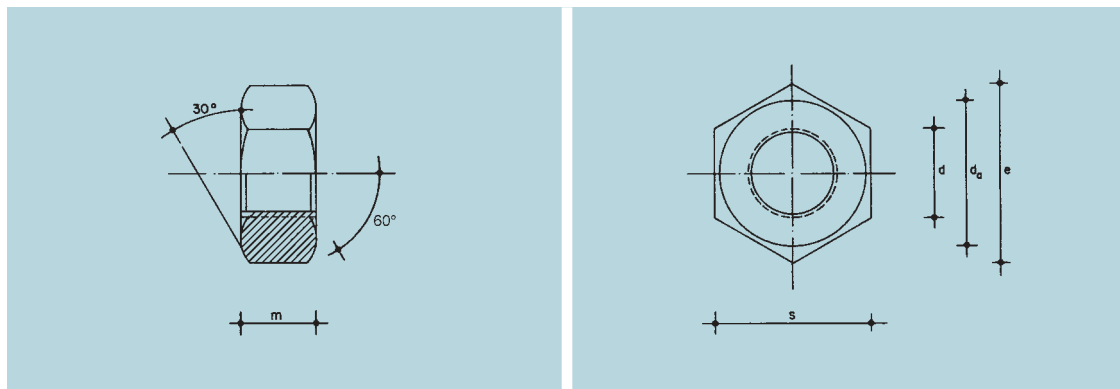
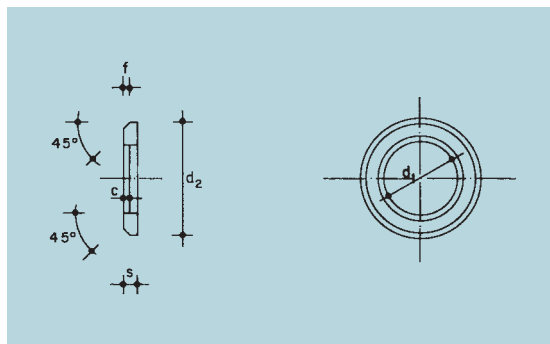


Tabla 623.5

Tuerca	Dimensiones				
	Diámetro nominal $d$ (mm)	Diámetro interior $d_{\alpha}$ (mm)	Espesor $m$ (mm)	Medida entre aristas $e \approx$ (mm)	Medida entre caras $s$ (mm)
MR 12	12	20,0	10	25,4	22
MR 16	16	25,0	13	31,2	27
MR 20	20	30,0	16	36,9	32
MR 22	22	34,0	18	41,6	36
MR 24	24	39,0	19	47,3	41
MR 27	27	43,5	22	53,1	46

Tabla 623.6

Tuerca	Tolerancias en	
	Espesor (mm)	Medidas entre caras (mm)
MR 12	-0,53	-0,52
MR 16	-0,70	-0,52
MR 20	-0,70	-1,00
MR 22	-0,70	-1,00
MR 24	-0,84	-1,00
MR 27	-0,84	-1,00



tuercas o arandelas de un mismo tipo, longitud y tipo de acero.

Cada envase llevará una etiqueta indicando:

- Marca del fabricante.
- Designación del tornillo, tuerca o arandela.
- Tipo de acero.
- Número de piezas que contiene.

Los tornillos de alta resistencia llevarán en la cabeza, marcadas en relieve, las letras TR, la de-

signación del tipo de acero y el nombre o signo de la marca registrada del fabricante.

Para simplificar el grabado, la designación del acero, solamente a estos efectos, se podrá reducir a A10.

Sobre una de sus bases, las tuercas de alta resistencia llevarán marcadas en relieve las letras MR, la designación del tipo de acero y el nombre de la marca registrada del fabricante. Para simplificar el grabado, la designación del acero, solamente a estos efectos, se podrá reducir a A8.

Tabla 623.7

Arandela	Dimensiones				
	Diámetro inferior $d_1$ (mm)	Diámetro exterior $d_2$ (mm)	Espesor $s$ (mm)	Profundidad del bisel interior $c$ (mm)	Profundidad del bisel exterior $f$ (mm)
AR 12	13	24	3	1,6	0,5
AR 16	17	30	4	1,6	1,0
AR 20	21	36	4	1,6	1,0
AR 22	23	40	4	2,0	1,0
AR 24	25	44	4	2,0	1,0
AR 27	28	50	5	2,5	1,0

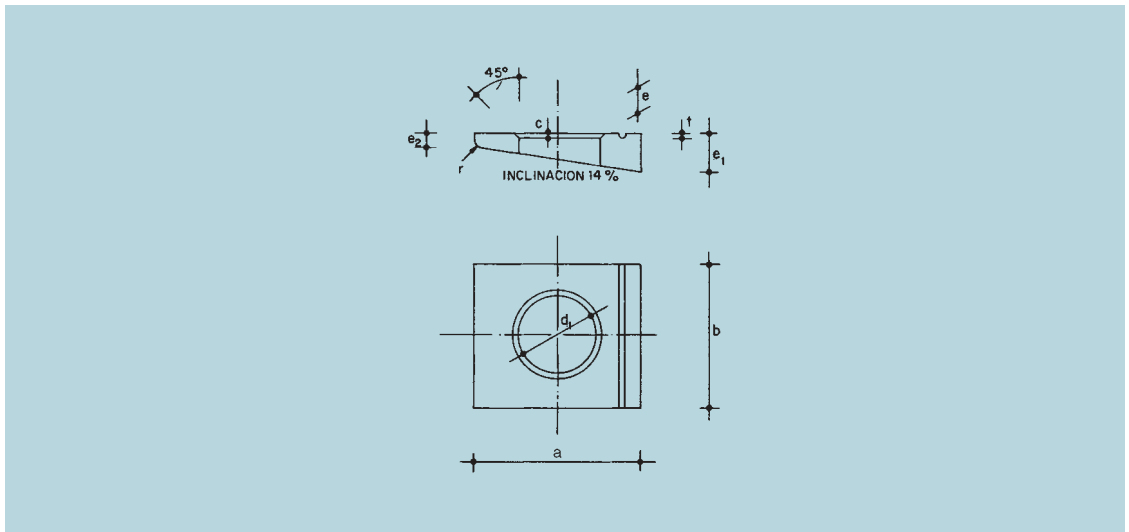


Tabla 623.8

Arandela	Diámetro del agujero $d_1$ (mm)	Lado $a$ (mm)	Testa $b$ (mm)	Espesor			Radio $r$ (mm)	Profundidad del bisel $c$ (mm)	Profundidad de ranura $t$ (mm)
				$e_1$	$e$	$e_2$			
ARI 12	13	30	26	6,2	4,0	2,0	1,6	1,5	0,7
ARI 16	17	36	32	7,5	5,0	2,5	2,0	1,5	0,8
ARI 20	21	44	40	9,2	6,0	3,0	2,4	1,5	0,9
ARI 22	23	50	44	10,0	6,5	3,0	2,4	2,0	1,0
ARI 24	25	56	56	10,8	7,0	3,0	2,4	2,0	1,0
ARI 27	28	56	56	10,8	7,0	3,0	2,4	2,5	1,0

Las arandelas que deban utilizarse con los tornillos de alta resistencia llevarán grabadas, sobre la cara biselada, las letras que designan el tipo, pudiendo el fabricante agregar el nombre o signo de su marca registrada.

### 623.6. Medición y abono

La medición y abono de los tornillos de alta resistencia, tuercas y arandelas, se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.

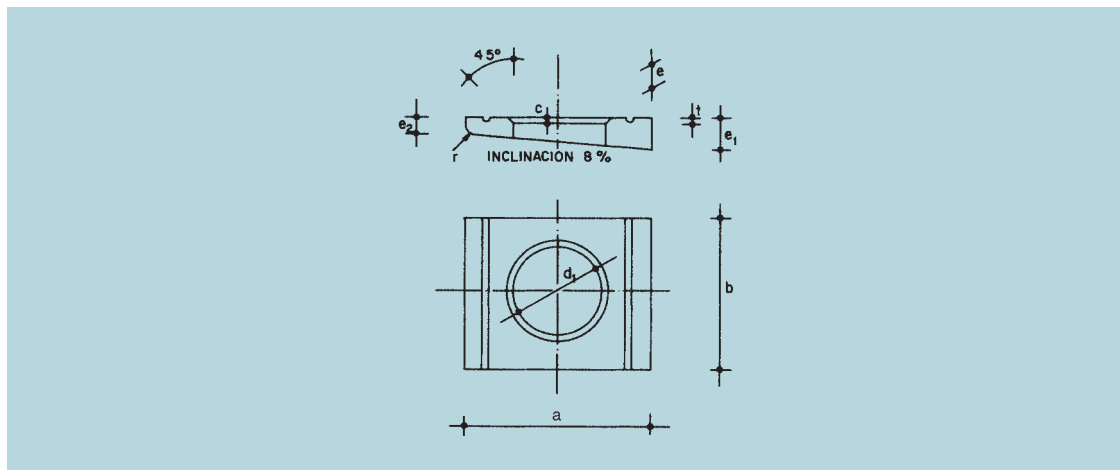


Tabla 623.8

Arandela	Diámetro del agujero $d_1$ (mm)	Lado $a$ (mm)	Testa $b$ (mm)	Espesor			Radio $r$ (mm)	Profundidad del bisel $c$ (mm)	Profundidad de ranura $f$ (mm)
				$e_1$ (mm)	$e$ (mm)	$e_2$ (mm)			
ARU 12	13	30	26	6,2	4,0	2,0	1,6	1,5	0,7
ARU 16	17	36	32	7,5	5,0	2,5	2,0	1,5	0,8
ARU 20	21	44	40	9,2	6,0	3,0	2,4	1,5	0,9
ARU 22	23	50	44	10,0	6,5	3,0	2,4	2,0	1,0
ARU 24	25	56	56	10,8	7,0	3,0	2,4	2,0	1,0
ARU 27	28	56	56	10,8	7,0	3,0	2,4	2,5	1,0

Tabla 623.10

Arandela	Tolerancias			
	Diámetro inferior (mm)	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Profundidad del bisel interior (mm)
AR 12	+0,5	-0,8	±0,3	+0,3
AR 16	+0,5	-0,8	±0,3	+0,3
AR 20	+0,6	-1,2	±0,3	+0,3
AR 22	+0,6	-1,2	±0,3	+0,5
AR 24	+0,6	-1,2	±0,3	+0,5
AR 27	+0,6	-1,2	±0,6	+0,5

Tabla 623.11

Arandela ARI y ARU	Tolerancias en				
	Diámetro del agujero (mm)	Lado (mm)	Testa (mm)	Espesor ( $e_2$ ) (mm)	Profundidad del bisel (mm)
12	+0,5	±0,65	±2,0	±0,2	+0,3
16	+0,5	±0,80	±2,5	±0,2	+0,3
20	+0,6	±0,80	±2,5	±0,3	+0,3
22	+0,6	±0,80	±2,5	±0,3	+0,5
24	+0,6	±0,95	±3,0	±0,3	+0,5
27	+0,6	±0,95	±3,0	±0,3	+0,5

Inclinación de caras: ± 0,5%.

# 624. *Electrodos a emplear en soldadura eléctrica manual al arco*

## 624.1. Definición

Se definen como electrodos a emplear en soldadura eléctrica al arco, las varillas revestidas que constituyen el material de aportación para la soldadura manual al arco.

## 624.2. Condiciones generales

Los electrodos a utilizar en los procedimientos de soldeo manual por arco eléctrico deberán ajustarse a las características definidas en la Norma UNE 14003, 1.ª R, para los tipos siguientes: En la soldadura de aceros A-42, se utilizarán electrodos de algunos de los tipos E.43.1, E.43.2, E.43.3 o E.43.4.

En la soldadura de aceros A-52, se utilizarán electrodos de algunos de los tipos E.51.1, E.52.2, E.53.3, o E.53.4.

Queda expresamente prohibida la utilización de electrodos de gran penetración en la ejecución de uniones de fuerza. En las uniones realizadas en montaje no se permitirá el uso de electrodos cuyo rendimiento nominal sea superior a 120, para aceros A-52.

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se indicarán las características exigidas para electrodos especiales, así como las varillas, fundentes y gases destinados a la operación de soldeo automático o semiautomático, con arco sumergido o en atmósfera inerte.

## 624.3. Revestimientos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de revestimiento del electrodo, que, en general, deberá estar comprendido entre los que se relacionan a continuación.

- AR: Ácido de rutilo.
- B: Básico.
- R: Rutilo medio.
- RR: Rutilo grueso.

La descripción de todos estos tipos de revestimientos figura en la anteriormente citada Norma UNE 14003, 1.ª R.

Para el soldeo de todos los productos de acero, muy especialmente para los tipos A-52, se recomienda la utilización de electrodos con revestimiento básico, bajo hidrógeno, sobre todo para espesores superiores a veinticinco milímetros (25 mm). Esta recomendación será preceptiva en uniones que puedan estar sometidas a esfuerzos dinámicos.

Los electrodos de revestimiento básico, como todos los otros electrodos cuyo revestimiento sea hidrófilo, deberán emplearse perfectamente secos; por lo cual, se introducirán y conservarán en desecador hasta el momento de su utilización.

## 624.4. Características mecánicas del material de aportación

La carga de rotura a tracción y la resiliencia del material de aportación, adaptado al acero de

base y al tipo estructural, deberán ser iguales o superiores a los valores correspondientes del metal de base. Si se exige en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares la comprobación de aquellas características, deberá efectuarse siguiendo las prescripciones de la Norma UNE 14022.

### **624.5. Medición y abono**

La medición y abono de los electrodos se realizará de acuerdo con la unidad de obra de que formen parte.



# 630. Obras de hormigón en masa o armado

## 630.1. Definición

Se definen como obras de hormigón en masa o armado, aquellas en las cuales se utiliza como material fundamental el hormigón, reforzado en su caso con armaduras de acero que colaboran con el hormigón para resistir los esfuerzos.

No se consideran aquí incluidos los pavimentos de hormigón contemplados en el Artículo 550 de este Pliego.

## 630.2. Materiales

### 630.2.1. Hormigón

Ver Artículo 610, «Hormigones».

### 630.2.2. Armaduras

Ver Artículo 600, «Armaduras a emplear en hormigón armado».

## 630.3. Ejecución

La ejecución de las obras de hormigón en masa o armado incluye las operaciones siguientes:

- Colocación de apeos y cimbras. Ver Artículo 681, «Apeos y cimbras».

- Colocación de encofrados. Ver Artículo 680, «Encofrados y moldes».
- Colocación de armaduras. Ver Artículo 600, «Armaduras a emplear en hormigón armado».
- Dosificación y fabricación del hormigón. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Transporte del hormigón. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Vertido de hormigón. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Compactación del hormigón. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Hormigonado en condiciones especiales. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Juntas. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Curado. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Desencofrado. Ver Artículo 680, «Encofrados y moldes».
- Descimbrado. Ver Artículo 681, «Apeos y cimbras».
- Reparación de defectos. Ver Artículo 610, «Hormigones».

## 630.4. Control de la ejecución

El control de calidad se realizará de acuerdo con lo prescrito en la Instrucción EH-73. Los niveles de control, de acuerdo con lo previsto en la citada Instrucción, serán los indicados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y en la zona inferior derecha de cada Plano. Para el control de la ejecución se tendrán en cuenta las tolerancias prescritas en los Artículos correspondientes de este Pliego.

### 630.5. Medición y abono

Las obras de hormigón en masa o armado, se medirán y abonarán según las distintas unidades que las constituyen:

- Hormigón. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Armaduras. Ver Artículo 600, «Armaduras a emplear en hormigón armado».

- Encofrados. Ver Artículo 680, «Encofrados y moldes».
- Apeos y cimbras. Ver Artículo 681, «Apeos y cimbras».

No se abonarán las operaciones que sea preciso efectuar para limpiar o reparar las obras en las que se acusen defectos.

# 631. *Obras de hormigón pretensado*

## 631.1. Definición

Se definen como obras de hormigón pretensado aquellas en las cuales se utiliza como material fundamental el hormigón, sometido a compresión por fuerzas introducidas durante la construcción, antes o después del hormigonado, por medio de armaduras activas o por otros medios exteriores.

## 631.2. Materiales

### 631.2.1. *Hormigón*

Ver Artículo 610, «Hormigones».

### 631.2.2. *Armaduras pasivas*

Ver Artículo 600, «Armaduras a emplear en hormigón armado».

### 631.2.3. *Armaduras activas*

Ver Artículo 601, «Armaduras activas a emplear en hormigón pretensado».

### 631.2.4. *Lechada de cemento para inyección de conductos*

Ver Artículo 613, «Lechadas de cemento para inyección de conductos en obras de hormigón pretensado».

## 631.3. Ejecución

La ejecución de las obras de hormigón pretensado incluye las operaciones siguientes:

- Colocación de apeos y cimbras. Ver Artículo 681, «Apeos y cimbras».
- Colocación de encofrados. Ver Artículo 680, «Encofrados y moldes».
- Colocación de armaduras pasivas. Ver Artículo 600, «Armaduras a emplear en hormigón armado».
- Colocación de armaduras activas. Ver Artículo 601, «Armaduras activas a emplear en hormigón pretensado».
- Dosificación y fabricación del hormigón. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Transporte del hormigón. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Vertido de hormigón. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Compactación del hormigón. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Hormigonado en condiciones especiales. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Juntas. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Curado. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Tesado de armaduras activas. Ver Artículo 601, «Armaduras activas a emplear en hormigón pretensado».
- Inyección de conductos. Ver Artículo 613, «Lechadas de cemento para inyección de conductos en obras de hormigón pretensado».
- Desencofrado. Ver Artículo 680, «Encofrados y moldes».
- Descimbrado. Ver Artículo 681, «Apeos y cimbras».

- Reparación de defectos. Ver Artículo 610, «Hormigones».

#### 631.4. Control de ejecución

Será de aplicación lo indicado en el apartado 630.4, «Control de la ejecución», del Artículo 530, «Obras de hormigón en masa o armado», con la excepción de que no se admitirá el control a nivel reducido.

#### 631.5. Medición y abono

Las obras de hormigón pretensado se medirán y abonarán según las distintas unidades que la constituyen:

- Hormigón. Ver Artículo 610, «Hormigones».
- Armaduras pasivas. Ver Artículo 600, «Armaduras a emplear en hormigón armado».
- Armaduras activas. Ver Artículo 601, «Armaduras activas a emplear en hormigón pretensado».
- Inyección. Ver Artículo 613, «Lechadas de cemento para inyección de conductos en obras de hormigón pretensado».
- Encofrados. Ver Artículo 680., «Encofrados y moldes».
- Apeos y cimbras. Ver Artículo 681, «Apeos y cimbras».

No se abonarán las operaciones que sea preciso efectuar para limpiar o reparar las obras en las que se acusen defectos.

# 640. Estructuras de acero

## 640.1. Definición

Se define como estructura de acero los elementos o conjuntos de elementos de acero que forman la parte resistente y sustentante de una construcción.

Las obras consistirán en la ejecución de las estructuras de acero, y de las partes de acero correspondientes a las estructuras mixtas de acero y hormigón.

No es aplicable este Artículo a las armaduras de las obras de hormigón, ni a las estructuras o elementos construidos con perfiles ligeros de chapa plegada.

## 640.2. Materiales

Para las distintas clases de acero a utilizar, véase lo previsto en los Artículos 250 a 254 de este Pliego.

Para los electrodos a emplear en soldadura eléctrica al arco, véase lo previsto en el Artículo 624.

Para los roblones, tornillos ordinarios, tornillos calibrados y tornillos de alta resistencia, se tendrá en cuenta lo previsto en los Artículos 621, 622 y 623.

Para las chapas y perfiles laminados, en cuanto a dimensiones y tolerancias se refiere, véase lo previsto en el Artículo 620.

## 640.3. Forma y dimensiones

La forma y dimensiones de la estructura serán las señaladas en los Planos y Pliego de Prescrip-

ciones Técnicas Particulares, no permitiéndose al Contratista modificaciones de los mismos, sin la previa autorización del Director de las obras.

## 640.4. Condiciones generales

En caso de que el Contratista principal solicite aprobación para subcontratar parte o la totalidad de estos trabajos, deberá demostrar, a satisfacción del Director, que la empresa propuesta para la subcontrata posee personal técnico y obrero experimentado en esta clase de obras, y, además, los elementos materiales necesarios para realizarlas.

Si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares lo exige, tanto en el período de montaje de la estructura, como en el de construcción en obra, estará presente en la misma de un modo permanente, durante la jornada de trabajo, un técnico responsable representante del Contratista.

Dentro de la jornada laboral, el Contratista deberá permitir, sin limitaciones al efecto de la función inspectora, la entrada en su taller al Director o a sus representantes, a los que dará toda clase de facilidades, durante el período de construcción de la estructura.

El Contratista viene obligado a comprobar en obra las cotas fundamentales de replanteo de la estructura metálica.

Salvo indicación en contrario de los documentos de contrato, el Contratista viene obligado especialmente:

- A la ejecución en taller de la estructura.
- A la expedición, transporte y montaje de la misma.

- A la prestación y erección de todos los andamios y elementos de elevación y auxiliares que sean necesarios, tanto para el montaje como para la realización de la función inspectora.
- A la prestación del personal y materiales necesarios para la prueba de carga de la estructura, si ésta viniera impuesta por el Pliego de Prescripciones técnicas Particulares.
- A enviar al Contratista de las fábricas u hormigones, en caso de ser otro distinto, dentro del plazo previsto en el contrato, todos aquellos elementos de la estructura que hayan de quedar anclados en la obra no metálica, incluidos los correspondientes espárragos o pernos de anclaje.

Cuando el Contratista que haya de realizar el montaje no sea el que se haya ocupado de la ejecución en taller, este último vendrá especialmente obligado:

- A efectuar en su taller los montajes en blanco, parciales o totales, que estime necesario para asegurar que el ensamble de las distintas partes de la estructura no presentará dificultades anormales en el momento de efectuar el montaje definitivo, haciéndose responsable de las que puedan surgir.
- A marcar en forma clara e indeleble todas las partes de la estructura, antes de expedirla; registrando estas marcas en los planos e instrucciones que debe enviar a la entidad que haya de ocuparse del montaje.
- A suministrar y remitir con la estructura, debidamente embalados y clasificados, todos los elementos de las uniones de montaje, con excepción de los electrodos que se requieran para efectuar las soldaduras de obra, cuando éste sea el medio de unión proyectado; pero, en los planos e instrucciones de montaje, indicará la calidad y tipo de electrodos recomendados, previa aprobación del Director; pueden constituir también excepción, en el envío, los tornillos de alta resistencia necesarios para las uniones de montaje, debiendo indicar el Contratista, en este caso, en sus planos e instrucciones de montaje, los números y diámetros nominales de los tornillos necesarios, así como las calidades de los aceros con los que deban ser fabricados tanto los tornillos como sus tuercas y arandelas.
- A enviar un cinco por ciento (5%) más del número de tornillos, o un diez por ciento

(10%) más del número de roblones, estrictamente necesarios, a fin de prevenir las posibles pérdidas y sustituciones de los dañados durante el montaje.

## 640.5. Uniones

En las uniones se distinguirá su clase, que puede ser:

- Unión de fuerza, la que tiene por misión transmitir, entre perfiles o piezas de la estructura, un esfuerzo calculado.
- Unión de atado, cuya misión es solamente mantener en posición perfiles de una pieza, y no transmite un esfuerzo calculado.

Entre las uniones de fuerza se incluyen los empalmes, que son las uniones de perfiles o barras de prolongación.

No se permitirán otros empalmes que los indicados en los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en casos especiales, los señalados en los planos de taller aprobados por el Director.

Se procurará reducir al mínimo el número de uniones en obra; a tal efecto, el Contratista estudiará, de acuerdo con el Director, la conveniente resolución de los problemas de transporte y montaje que aquella reducción de uniones pudiera acarrear.

Tanto en las estructuras roblonadas como en las soldadas, se aconseja realizar atornilladas las uniones definitivas de montaje. Los tornillos serán de alta resistencia cuando se trate de puentes o estructuras sometidas a cargas dinámicas.

### 640.5.1. Uniones roblonadas y atornilladas

#### 640.5.1.1. Agujeros

Como norma general, los agujeros para roblones y tornillos se ejecutarán con taladro. Queda prohibida su ejecución mediante soplete o arco eléctrico.

Se permite el punzonado en espesores no superiores a quince milímetros (15 mm). Cuando la estructura haya de estar sometida a cargas predominantes estáticas, el diámetro del agujero sea

por lo menos igual a vez y media (1,5) el espesor, y se adopten las medidas oportunas para la coincidencia de los agujeros que deban corresponderse, se podrá efectuar el punzonado al tamaño definitivo, con tal de utilizar un punzón que ofrezca garantías de lograr un agujero de borde cilíndrico, sin grietas ni fisuras. En caso contrario, se punzonarán los agujeros con un diámetro máximo inferior en tres milímetros (3 mm) al definitivo, rectificándolos mediante escariado mecánico posterior; es preferible el realizar esta segunda operación después de unidas las piezas que han de roblonarse juntas y fijadas, mediante tornillos provisionales, en su posición relativa definitiva. Análogamente, se procederá con los agujeros taladrados cuando haya de rectificarse su coincidencia.

Queda terminantemente prohibido el uso de la broca pasante para agrandar o rectificar los agujeros.

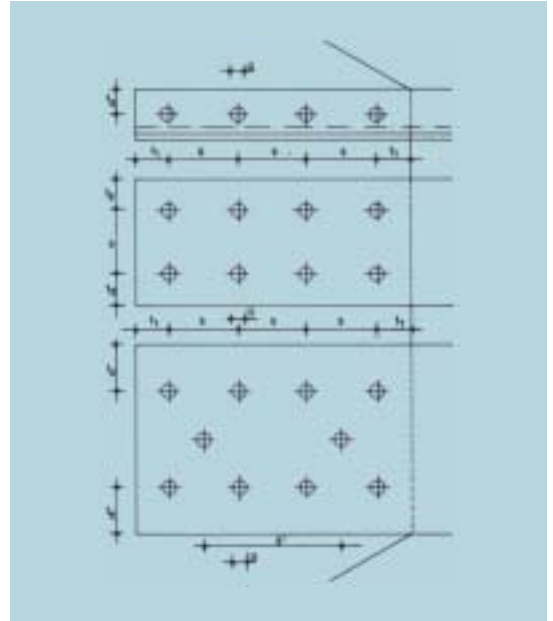
Los agujeros destinados a alojar tornillos calibrados se ejecutarán siempre con taladro, cualesquiera que sean su diámetro y los espesores de las piezas a unir.

Siempre que sea posible, se taladrarán de una sola vez los agujeros que atraviesen dos o más piezas, después de armadas, engrapándolas o atornillándolas fuertemente. Después de taladradas las piezas, se separarán para eliminar las rebabas.

En cada estructura, los roblones o tornillos utilizados se procurará sean solamente de dos tipos, o como máximo de tres, de diámetros bien diferenciados.

Los diámetros de los agujeros, salvo excepciones justificadas, estarán dentro de los límites de la Tabla 640.1, y se acercarán lo más posible a los valores óptimos consignados en los catálogos para cada perfil.

Las distancias  $t$  entre los centros de agujeros de diámetro  $a$ , que unan piezas, cuyo espesor mínimo es  $e$ , cumplirán las condiciones siguientes:



Valor mínimo:

- Para roblones  $s \geq 3,0a$
- Para tornillos  $s \geq 3,5a$

Valor máximo:

- En general  $s \leq 8,0a$   
 $s \leq 15,0e$
- En uniones de armado de barras de tracción  $s \leq 15,0a$   
 $s \leq 25,0e$

Tabla 640.1. Limitación para agujeros

Diámetro del agujero (mm)	Espesor de cada pieza		Máxima suma de espesores de las piezas unidas (mm)
	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	
11	4	10	45
13	4	12	55
15	5	14	65
17	6	16	70
19	7	18	80
21	8	20	90
23	10	24	100
25	12	28	115
28	14	36	130



En barras de gran anchura, con más de dos filas paralelas de roblones o tornillos en dirección del esfuerzo, en las filas interiores el valor máximo de la distancia  $s$ , en esta dirección, puede ser doble del indicado.

Las distancias  $t$  entre los centros de los agujeros y los bordes cumplirán las condiciones siguientes:

*Valor mínimo:*

- Al borde frontal  $t_1 \geq 2,0a$
- Al borde lateral  $t_2 \geq 1,5a$

*Valor máximo:*

- A cualquier borde  $t \leq 3,0a$   
 $t \leq 6,0e$

Cuando se empleen roblones o tornillos ordinarios, la coincidencia de los agujeros se comprobará introduciendo un calibre cilíndrico, de diámetro un milímetro y medio (1,5 mm) menor que el diámetro nominal del agujero. Si el calibre no pasa suavemente, se rectificará el agujero.

Cuando se empleen tornillos calibrados, es preceptiva la rectificación del agujero, y se comprobará que el diámetro rectificado es igual que el de la espiga del tornillo.

### 640.5.1.2. Colocación de los roblones

Los roblones deben calentarse, preferentemente, en hornos adecuados de atmósfera reductora; aunque, en defecto de aquéllos, se permite el uso de la fragua tradicional. Queda prohibida la utilización del soplete para este fin.

El calentamiento debe ser uniforme, salvo en las técnicas de calentamiento diferencial para la colocación de roblones de gran longitud. Al ser colocados deberán estar a la temperatura del rojo cereza claro, sin que ésta haya bajado del rojo sombra al terminarse de formar la cabeza de cierre.

Antes de colocar el roblón se eliminarán de su superficie la cascarilla o escorias que pueda llevar adheridas, y, después de colocado, deberá llenar completamente el agujero.

La cabeza de cierre del roblón debe ser de las dimensiones mínimas correspondientes a su diámetro, quedar centrada con la espiga, apoyar perfectamente en toda su superficie sobre el perfil unido y no presentar grietas ni astillas.

Las rebabas que, eventualmente, puedan quedar alrededor de la cabeza deberán eliminarse.

No se tolerarán huellas de la estampa sobre la superficie de los perfiles.

Las piezas que hayan de roblonarse juntas, se unirán previamente con los tornillos de montaje, cuyo diámetro no debe ser inferior en más de dos milímetros (2 mm) al del agujero. Se colocará el número necesario de tornillos para que, fuertemente apretados con llave manual, aseguren la inmovilidad relativa de la piezas a unir y un mínimo contacto entre sus superficies.

La formación de las cabezas de cierre deberá hacerse con prensas o martillo neumático, quedando prohibida la colocación de roblones con maza de mano.

En casos excepcionales en que, por falta de espacio, no pueda utilizarse la herramienta adecuada, se permitirá la colocación a mano si el roblón es de mero atado. Si se trata de un roblón de fuerza es preferible, en estos casos, sustituirlo por un tornillo calibrado o, mejor, por un tornillo de alta resistencia.

Los roblones colocados, después de fríos, deberán comprobarse al rebote con un martillo de bola pequeño. Todos aquellos cuya apretadura resulte débil o dudosa se levantarán y sustituirán, sin excusa alguna; prohibiéndose expresamente el repaso en frío de los roblones que hayan podido quedar flojos.

El proceso de colocación de los roblones que constituyen la costura, se llevará en tal forma que se evite la introducción de tensiones parásitas y el curvado o alabeo de las piezas.

### 640.5.1.3. Colocación de tornillos ordinarios y calibrados

El diámetro nominal del tornillo ordinario es el de su espiga.

El diámetro del agujero será un milímetro (1 mm) mayor que el de su espiga.

Los asientos de las cabezas y tuercas estarán perfectamente planos y limpios.

Es preceptivo en las uniones de fuerza, y siempre recomendable, la colocación de arandela bajo la tuerca. Si las superficies exteriores de las partes unidas son inclinadas, se empleará arandela de espesor variable, con el ángulo conveniente para que la apretadura sea uniforme. Esta arandela de espesor variable se colocará también bajo la cabeza del tornillo, si ésta apoya sobre una cara inclinada.

Si por alguna circunstancia no se coloca arandela, la parte roscada de la espiga penetrará en la unión, por lo menos, en un filete.

Las tuercas se apretarán a fondo, preferentemente con medios mecánicos. Es recomendable bloquear las tuercas en las estructuras no desmontables, empleando un sistema adecuado: arandelas de seguridad, punto de soldadura, etc. Es preceptivo el bloqueo cuando la estructura esté sometida a cargas dinámicas o vibraciones, y en aquellos tornillos que están sometidos a esfuerzos de tracción en dirección de su eje.

Los tornillos calibrados se designarán por los mismos diámetros nominales que los tornillos ordinarios, diámetros que corresponden, en este caso, al borde exterior del fileteado; su espiga será torneada con diámetro igual al del agujero, con las tolerancias que se indican en el Artículo 622.

Con estos tornillos se colocarán siempre arandelas bajo la cabeza y bajo la tuerca.

En todo lo demás, se aplicará a estos tornillos lo dicho para los ordinarios.

#### 640.5.1.4. Colocación de tornillos de alta resistencia

Las superficies de las piezas a unir deberán acoplar perfectamente entre sí después de realizada la unión. Estas superficies estarán suficientemente limpias y sin pintar. La grasa se eliminará con disolventes adecuados. Para eliminar la cascarilla de laminación de estas superficies, se someterán al tratamiento de limpieza que se especifique en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares: chorro de arena, chorro de granalla de acero, decapado por llama, etcétera, realizándose de acuerdo con las instrucciones de dicho Pliego.

Se colocará siempre arandela bajo la cabeza y bajo la tuerca. En una cara de la arandela se achaflanará el borde interno para alojar el redondeo de acuerdo entre cabeza y espiga; el borde extremo de la misma cara se biselará también con el objeto de acreditar la debida colocación de la arandela.

La parte roscada de la espiga sobresaldrá de la tuerca, por lo menos, en un filete, y puede penetrar dentro de la unión.

En tornillos de alta resistencia, el diámetro del agujero será, como norma general, un milímetro (1 mm) mayor que el nominal del tornillo, pudiendo aceptarse una holgura máxima de dos milímetros (2 mm).

Las tuercas se apretarán mediante llaves taradas, que midan el momento torsor aplicado, hasta alcanzar el valor prescrito para éste, que figu-

rará en las instrucciones de los planos de taller. También pueden emplearse métodos de apretado en los que se midan ángulos de giro.

Los tornillos de una unión deben apretarse inicialmente al ochenta por ciento (80%) del momento torsor final, empezando por los situados en el centro, y terminar de apretarse en una segunda vuelta.

#### 640.5.2. Uniones soldadas

Las uniones soldadas podrán ejecutarse mediante los procedimientos que se citan a continuación:

- Procedimiento I: Soldeo eléctrico, manual, por arco descubierto, con electrodo fusible revestido.
- Procedimiento II: Soldeo eléctrico, semiautomático o automático, por acero en atmósfera gaseosa, con alambre electrodo fusible.
- Procedimiento III: Soldeo eléctrico, automático, por arco sumergido, con alambre electrodo fusible desnudo.
- Procedimiento IV: Soldeo eléctrico por resistencia.

Otros procedimientos no mencionados, o que pudieran desarrollarse en el futuro, requerirán norma especial.

El Contratista presentará, si el Director lo estima necesario, una Memoria de soldeo, detallando las técnicas operatorias a utilizar dentro del procedimiento o procedimientos elegidos.

Las soldaduras se definirán en los planos de proyecto o de taller, según la notación recogida en la Norma UNE 14009: «Signos convencionales en soldadura».

Las soldaduras a tope serán continuas en toda la longitud de la unión, y de penetración completa.

Se saneará la raíz antes de depositar el cordón de cierre o el primer cordón de la cara posterior.

Cuando el acceso por la cara posterior no sea posible, se realizará la soldadura con chapa dorsal u otro dispositivo para conseguir penetración completa.

Para unir dos piezas de distinta sección, la de mayor sección se adelgazará en la zona de contacto, con pendientes no superiores al veinticinco por ciento (25%), para obtener una transición suave de la sección.

El espesor de garganta mínimo de los cordones de soldaduras de ángulo será de tres milímetros (3 mm). El espesor máximo será igual a siete décimas (0,7)  $e_{\min}$ , siendo  $e_{\min}$  el menor de los espesores de las dos chapas o perfiles unidos por el cordón. Respetada la limitación de mínimo establecida, se recomienda que el espesor del cordón no sea superior al exigido por los cálculos de comprobación.

Los cordones laterales de soldadura de ángulo que transmitan esfuerzos axiales de barras, tendrán una longitud no inferior a quince (15) veces su espesor de garganta, ni inferior al ancho del perfil que unen. La longitud máxima no será superior a sesenta (60) veces el espesor de garganta, ni a doce (12) veces el ancho del perfil unido.

En las estructuras solicitadas por cargas predominantemente estáticas, podrán utilizarse cordones discontinuos en las soldaduras de ángulo, cuando el espesor de garganta requerido por los cálculos de comprobación resulte inferior al mínimo admitido más arriba. Deberán evitarse los cordones discontinuos en estructuras a la intemperie o expuestas a atmósferas agresivas.

En los cordones discontinuos, la longitud de cada uno de los trozos elementales, no será inferior a cinco (5) veces su espesor de garganta, ni a cuarenta milímetros (40 mm). La distancia libre entre cada dos (2) trozos consecutivos del cordón, no excederá de quince (15) veces el espesor del elemento unido que lo tenga menor si se trata de barras comprimidas, ni de veinticinco (25) veces dicho espesor si la barra es traccionada. En ningún caso, aquella distancia libre excederá de trescientos milímetros (300 mm).

Los planos que hayan de unirse, mediante soldaduras de ángulo en sus bordes longitudinales, a otro plano, o a un perfil, para construir una barrera compuesta, no deberán tener una anchura superior a treinta (30) veces su espesor.

En general, quedan prohibidas las soldaduras de tapón y de ranura. Sólo se permitirán, excepcionalmente, las soldaduras de ranura para asegurar contra el pandeo local a los planos anchos que forman parte de una pieza comprimida, cuando no pueda cumplirse, a causa de alguna circunstancia especial, la condición indicada anteriormente. En este caso, el ancho de la ranura debe ser, por lo menos, igual a dos veces y media (2,5) el espesor de la chapa cosida; la distancia libre en cualquier dirección entre dos ranuras consecutivas no será inferior a dos (2) veces el ancho de la ranura, ni superior a treinta (30) veces el espesor de la chapa; la dimensión máxima

de la ranura no excederá de diez (10) veces el espesor de la chapa.

Queda prohibido el rellenar con soldaduras los agujeros practicados en la estructura para los roblones de tornillos provisionales de montaje. Se dispondrán, por consiguiente, dichos agujeros en forma que no afecten a la resistencia de las barras o de las uniones de la estructura.

La preparación de las piezas que hayan de unirse mediante soldaduras se ajustará estrictamente, en su forma y dimensiones, a lo indicado en los Planos.

La preparación de bordes para las soldaduras por fusión se deberá ejecutar de acuerdo con las prescripciones contenidas en las Tablas 640.2.1 a 640.2.11.

La preparación de las uniones que hayan de realizarse en obra se efectuará en taller.

Las piezas que hayan de unirse con soldadura se presentarán y fijarán en su posición relativa mediante dispositivos adecuados que aseguren, sin una coacción excesiva, la inmovilidad durante el soldeo y el enfriamiento subsiguiente.

El orden de ejecución de los cordones y la secuencia del soldeo dentro de cada uno de ellos, y del conjunto, se elegirán con vistas a conseguir que, después de unidas las piezas, obtengan su forma y posición relativas definitivas sin necesidad de un enderezado o rectificación posterior, al mismo tiempo que se mantengan dentro de límites aceptables las tensiones residuales.

Entre los medios de fijación provisional pueden utilizarse puntos de soldadura depositados entre los bordes de las piezas a unir: el número e importancia de estos puntos se limitará al mínimo compatible con la inmovilización de las piezas.

Se permite englobar estos puntos en la soldadura definitiva, con tal que no presenten fisuras ni otros defectos y hayan quedado perfectamente limpios de escoria.

Se prohíbe la práctica viciosa de fijar las piezas a los gálibos de armado con puntos de soldadura.

Antes del soldeo se limpiarán los bordes de la costura, eliminando cuidadosamente toda la cascarilla, herrumbre o suciedad y, muy especialmente, las manchas de grasa o de pintura.

Durante el soldeo se mantendrán bien secos, y protegidos de la lluvia, tanto los bordes de la costura como las piezas a soldar, por lo menos en una superficie suficientemente amplia alrededor de la zona en que se está soldando.

Después de ejecutar cada cordón elemental, y antes de depositar el siguiente, se limpiará su

superficie con piqueta y cepillo de alambres, eliminando todo rastro de escorias.

Para facilitar esta operación, y el depósito de los cordones posteriores, se procurará que las superficies exteriores de tales cordones no formen ángulos diedros demasiado agudos, ni entre sí ni con los bordes de las piezas y, también, que las superficies de los cordones sean lo más regulares posible.

Se tomarán las debidas precauciones para proteger los trabajos de soldeo contra el viento y, especialmente, contra el frío. Se suspenderá el trabajo cuando la temperatura baje de los cero grados centígrados (0 °C), si bien en casos excepcionales de urgencia, y previa aprobación del Director, se podrá seguir soldando con temperaturas comprendidas entre cero y menos cinco grados centígrados (0 °C y -5 °C), siempre que se adopten medidas especiales para evitar un enfriamiento excesivamente rápido de la soldadura.

Queda prohibido el acelerar el enfriamiento de las soldaduras con medios artificiales.

Debe procurarse que el depósito de los cordones de soldadura se efectúe, siempre que sea posible, en posición horizontal. Con este fin, el Contratista debe proporcionarse los dispositivos necesarios para poder voltear las piezas y orientarlas en la posición más conveniente para la ejecución de las distintas costuras, sin provocar en ellas, no obstante, solicitaciones excesivas que puedan dañar la débil resistencia de las primeras capas depositadas.

En todas las costuras soldadas que se ejecuten en las estructuras se asegurará la penetración completa, incluso en la zona de raíz.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la técnica operatoria a seguir y, en su caso, los tratamientos térmicos necesarios, cuando, excepcionalmente, hayan de soldarse elementos con espesor superior a los treinta milímetros (30 mm).

El examen y calificación de los operarios que hayan de realizar las soldaduras se efectuarán de acuerdo con lo previsto en la Norma UNE 14010.

## 640.6. Deformaciones y tensiones residuales

En el Proyecto deberán estudiarse las disposiciones de las uniones, de modo que las tensiones residuales inevitables que proceden de las deformaciones coartadas en las soldaduras, al combi-

narse con las originadas por las cargas, no den lugar a estados tensionales que resulten peligrosos.

Igualmente figurarán en el Proyecto, cuando sea preciso, los procedimientos de atenuación de tensiones residuales: recocido, calentamiento previo, etc.

Para conseguir una soldadura con coacciones mínimas, y reducir tensiones residuales al mínimo posible, se operará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

- El volumen de metal depositado tendrá en todo momento la máxima simetría posible.
- Las piezas a soldar se dispondrán de modo que puedan seguir los movimientos producidos en el soldeo con la máxima libertad posible.
- El soldador tendrá en todo momento acceso fácil y posición óptima de trabajo, para asegurar el depósito limpio y perfecto del material de aportación.
- La disposición de las piezas y el orden de los cordones será tal que se reduzca al mínimo la acumulación de calor en zonas locales.

## 640.7. Planos de taller

Para la ejecución de toda estructura metálica el Contratista, basándose en los Planos del Proyecto, realizará los planos de taller precisos para definir completamente todos los elementos de aquélla.

Los planos de taller contendrán en forma completa:

- Las dimensiones necesarias para definir inequívocamente todos los elementos de la estructura.
- Las contraflechas de vigas, cuando estén previstas.
- La disposición de las uniones, incluso las provisionales de armado, distinguiendo las dos clases: de fuerza y de atado.
- El diámetro de los agujeros de roblones y tornillos, con indicación de la forma de mecanizado.
- Las clases y diámetros de roblones y tornillos.
- La forma y dimensiones de las uniones soldadas, la preparación de los cordones, el procedimiento, métodos y posiciones de

soldeo, los materiales de aportación a utilizar y el orden de ejecución.

- Las indicaciones sobre mecanizado o tratamiento de los elementos que los precisen.

Todo plano de taller llevará indicados los perfiles, las clases de los aceros, los pesos y las marcas de cada uno de los elementos de la estructura representados en él.

El Contratista, antes de comenzar la ejecución en taller, entregará dos copias de los planos de taller al Director, quien los revisará y devolverá una copia autorizada con su firma, en la que, si se precisa, señalará las correcciones a efectuar. En este caso, el Contratista entregará nuevas copias de los planos de taller corregidos para su aprobación definitiva.

Si durante la ejecución fuese necesario introducir modificaciones de detalle respecto a lo definido en los planos de taller, se harán con la aprobación del Director, y se anotarán en los planos de taller todas las modificaciones.

### 640.8. Ejecución de taller

En todos los perfiles y planos que se utilicen en la construcción de las estructuras se eliminarán las rebabas de laminación; asimismo se eliminarán las marcas de laminación en relieve, en todas aquellas zonas de un perfil que hayan de entrar en contacto con otro en alguna de las uniones de la estructura.

El aplanado y el enderezado de las chapas, planos y perfiles, se ejecutarán con prensa o con máquinas de rodillos.

Cuando, excepcionalmente, se utilice la maza o el martillo, se tomarán las precauciones necesarias para evitar un endurecimiento excesivo del material.

Tanto las operaciones anteriores, como las de encorvadura o conformación de los perfiles, cuando sean necesarias, se realizarán preferentemente en frío pero con temperaturas del material no inferiores a cero grados centígrados (0 °C). Las deformaciones locales permanentes se mantendrán dentro de límites prudentes, considerándose que esta condición se cumple cuando aquéllas no excedan en ningún punto del dos y medio por ciento (2,5%); a menos que se sometan las piezas deformadas en frío a un recocido de normalización posterior. Asimismo, en las operaciones de curvado y plegado en frío, se evitará la aparición de abolladuras en el alma o en el cordón

comprimido del perfil que se curva, o de grietas en la superficie en tracción durante la deformación.

Cuando las operaciones de conformación u otras necesarias hayan de realizarse en caliente, se ejecutarán siempre a la temperatura del rojo cereza claro, alrededor de los 950 °C, interrumpiéndose el trabajo, si es preciso, cuando el color del metal baje al rojo sombra, alrededor de los 700 °C, para volver a calentar la pieza.

Deberán tomarse todas las precauciones necesarias para no alterar la estructura del metal, ni introducir tensiones parásitas, durante las fases de calentamiento y enfriamiento.

El calentamiento se efectuará, a ser posible, en horno, y el enfriamiento al aire en calma, sin acelerarlo artificialmente.

Todas aquellas piezas de acero forjado necesarias en una estructura deberán ser recocidas después de la forja.

Cuando no sea posible el eliminar completamente, mediante las precauciones adoptadas a priori, las deformaciones residuales debidas a las operaciones de soldeo, y éstas resultasen inadmisibles para el servicio o para el buen aspecto de la estructura, se permitirá corregirlas en frío, con prensa o máquina de rodillos, siempre que con esta operación no se excedan los límites de deformaciones indicados anteriormente, y se someta la pieza corregida a un examen cuidadoso para descubrir cualquier fisura que hubiese podido aparecer en el material de aportación, o en la zona de transición del metal de base.

Antes de proceder al trazado se comprobará que los distintos planos y perfiles presentan la forma exacta, recta o curva, deseada, y que están exentos de torceduras.

El trazado se realizará por personal especializado, respetándose escrupulosamente las cotas de los planos de taller y las tolerancias máximas permitidas por los Planos de Proyecto, o por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Se procurará no dejar huellas de granete que no sean eliminadas por operaciones posteriores, especialmente en estructuras que hayan de estar sometidas a cargas dinámicas.

El corte puede efectuarse con sierra, cizalla o mediante oxicorte, debiendo eliminarse posteriormente con piedra esmeril las rebabas, estrías o irregularidades de borde inherentes a las operaciones de corte.

Deberán observarse, además, las prescripciones siguientes:

- El corte con cizalla sólo se permite para



chapas, perfiles planos y angulares, hasta un espesor máximo de quince milímetros (15 mm).

- En el oxicorte, se tomarán las precauciones necesarias para no introducir en la pieza tensiones parásitas de tipo térmico.
- Los bordes cortados con cizalla o por oxicorte, que hayan de quedar en las proximidades de uniones soldadas, se mecanizarán mediante piedra esmeril, buril con esmerilado posterior, o fresa, en una profundidad no inferior a dos milímetros (2 mm), a fin de levantar toda la capa de metal alterado por el corte; la mecanización se llevará, por lo menos, hasta una distancia de treinta milímetros (30 mm) del extremo de la soldadura. Esta operación no es necesaria cuando los bordes cortados hayan de ser fundidos, en aquella profundidad, durante el soldeo.
- La eliminación de todas las desigualdades e irregularidad del borde, debidas al corte, se efectuará con mucho mayor esmero en las piezas destinadas a la construcción de estructuras que hayan de estar sometidas a la acción de cargas predominantemente dinámicas.

Se ejecutarán todos los chaflanes o biselados de aristas que se indiquen en los Planos, ajustándose a las dimensiones e inclinaciones fijadas en los mismos.

Se recomienda ejecutar el bisel o la acanaladura mediante oxicorte automático, o con máquinas-herramienta, observándose, respecto al primer procedimiento, las prescripciones dictadas anteriormente.

Se permite también la utilización de buril neumático siempre que se eliminen posteriormente, con fresa o piedra esmeril, las irregularidades del corte, no siendo necesaria esta segunda operación en los chaflanes que forman parte de la preparación de bordes para el soldeo.

Aunque en los Planos no pueda apreciarse el detalle correspondiente, no se cortarán nunca las chapas o perfiles de la estructura en forma que queden ángulos entrantes con arista viva. Estos ángulos, cuando no se puedan eludir, se redondearán siempre en su arista con el mayor radio posible.

Los elementos provisionales que por razones de montaje, u otras, sea necesario soldar a las barras de la estructura, se desgazarán posteriormente con soplete, y no a golpes, procurando no dañar a la propia estructura.

Los restos de cordones de soldadura, ejecutados para la fijación de aquellos elementos, se eliminarán con ayuda de piedra esmeril, fresa o lima.

## 640.9. Montaje en blanco

La estructura metálica será, provisional y cuidadosamente, montada en blanco en el taller, para asegurarse de la perfecta coincidencia en el taladro de los diversos elementos que han de unirse, o de la exacta configuración geométrica de los elementos concurrentes.

Excepcionalmente, el Director podrá autorizar que no se monte en blanco por completo en alguno de los casos siguientes:

- Cuando la estructura sea de tamaño excepcional, no siendo suficientes los medios habituales y corrientes de que se puede disponer para el manejo y colocación de los diversos elementos de la misma; pudiéndose, en este caso, autorizar el montaje por separado de los elementos principales y secundarios.
- Si se trata de un lote de varios tramos idénticos. En ese caso, será preceptivo el montaje de uno por cada diez, o menos, tramos iguales; debiéndose montar en los demás solamente los elementos más importantes y delicados.
- Cuando las uniones de las piezas hayan de ir soldadas y no roblonadas, se presentarán en taller, a fin de asegurar la perfecta configuración geométrica de los elementos concurrentes.

Deberán señalarse en el taller, cuidadosamente, todos los elementos que han de montarse en obra, y, para facilitar este trabajo, se acompañarán planos y notas de montaje con suficiente detalle para que pueda realizar dicho montaje persona ajena al trabajo del taller.

## 640.10. Montaje

El proceso de montaje será el previsto en los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o, en su defecto, será fijado por el Director, ajustándose al Programa de Trabajo de la obra. El Contratista no podrá introducir por sí

solo ninguna modificación en el plan de montaje previsto, sin recabar la previa aprobación del citado Director.

Antes del montaje en blanco en el taller, o del definitivo en obra, todas las piezas y elementos metálicos que constituyen la estructura serán fuertemente raspados con cepillos metálicos, para separar del metal toda huella de oxidación y cuantas materias extrañas pudiera tener adheridas.

Todas las superficies que hayan de quedar ocultas, como consecuencia del roblonado o soldadura, bien en taller o en obra, se recubrirán de una capa de minio de hierro, diluido en aceite de linaza, con exclusión de esencia de trementina. Se cuidará de no pintar, ni engrasar en modo alguno, las superficies de contacto de uniones con tornillos de alta resistencia.

Las manipulaciones necesarias para la carga, descarga, transporte, almacenamiento a pie de obra y montaje, se realizarán con el cuidado suficiente para no provocar sollicitaciones excesivas en ningún elemento de la estructura, y para no dañar ni a las piezas ni a la pintura. Se cuidarán especialmente, protegiéndolas si fuera necesario, las partes sobre las que hayan de fijarse las cadenas, cables o ganchos a utilizar en la elevación o sujeción de las piezas de la estructura.

Se corregirá cuidadosamente, antes de proceder al montaje, cualquier abolladura, comba o torcedura que haya podido provocarse en las operaciones de transporte. Si el defecto no puede ser corregido, o se presume que, después de corregido, puede afectar a la resistencia o estabilidad de la estructura, la pieza en cuestión será rechazada, marcándola debidamente para dejar constancia de ello.

Durante su montaje, la estructura se asegurará provisionalmente mediante pernos, tornillos, calzos, apeos o cualquier otro medio auxiliar adecuado; debiendo quedar garantizadas, con los que se utilicen, la estabilidad y resistencia de aquéllas, hasta el momento de terminar las uniones definitivas.

En el montaje, se prestará la debida atención al ensamble de las distintas piezas, con el objeto de que la estructura se adapte a la forma prevista en el Proyecto; debiéndose comprobar, cuantas veces fuese necesario, la exacta colocación relativa de su diversas partes.

No se comenzará el roblonado, atornillado definitivo o soldeo de las uniones de montaje, hasta que no se haya comprobado que la posición de las piezas a que afecta cada unión coincide exactamente con la definitiva; o, si se han

previsto elementos de corrección, que su posición relativa es la debida, y que la posible separación de la forma actual, respecto de la definitiva, podrá ser anulada con los medios de corrección disponibles.

Las placas de asiento de los aparatos de apoyo sobre los macizos de fábrica y hormigón se harán descansar provisionalmente sobre cuñas, y se inmovilizarán una vez conseguidas las alineaciones y aplomos definitivos; no procediéndose a la fijación última de las placas mientras no se encuentren colocados un número de elementos suficientes para garantizar la correcta disposición del conjunto.

El lecho de asiento de las placas se efectuará con mortero de cemento portland, de los tipos que se señalen en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Se adoptarán las precauciones necesarias para que dicho mortero rellene perfectamente todo el espacio comprendido entre la superficie inferior de la placa y la superficie del macizo de apoyo. Se mantendrá el apoyo provisional de la estructura hasta que se haya alcanzado el suficiente endurecimiento.

Los aparatos de apoyo móvil se montarán de forma tal que, con la temperatura ambiente media del lugar y actuando las cargas permanentes más la mitad de las sobrecargas de explotación, se obtenga su posición centrada; debiendo comprobarse debidamente el paralelismo de las placas inferior y superior del aparato.

Se procurará ejecutar las uniones de montaje de forma tal que todos sus elementos sean accesibles a una inspección posterior. En los casos en que sea forzoso que queden algunos ocultos, no se procederá a colocar los elementos que los cubren hasta que no se hayan inspeccionado cuidadosamente los primeros.

Cuando, a fin de corregir esfuerzos secundarios, o de conseguir en la estructura la forma de trabajo prevista en las hipótesis de cálculo, sea preciso tensar algunos elementos de la misma antes de ponerla en servicio, se indicará expresamente, en los Planos y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, la forma de proceder a la introducción de estas tensiones previas, así como los medios de comprobación y medida de las mismas.

## 640.11. Protección

Las estructuras de acero se protegerán contra los fenómenos de oxidación y corrosión, pudien-



do utilizarse los productos reseñados en los Artículos 270 a 275 de este Pliego.

Sin embargo, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se podrán fijar las condiciones en que se realizarán las protecciones y, en este caso, dicho Pliego de Condiciones Particulares especificará, concretamente, el tipo de protección elegido y sus características accidentales, tales como color, acabado, etc., cuando ello sea necesario. Salvo especificación en contrario, la mano de imprimación, cuando se trate de una protección a base de pintura, se realizará por el Contratista, en taller, antes de expedir las piezas terminadas.

No se efectuará la imprimación hasta que su ejecución haya sido autorizada por el Director, después de haber realizado la inspección de las superficies y uniones de la estructura terminada en taller.

No se imprimirán, ni recibirán, en general, ninguna capa de protección, las superficies que hayan de soldarse, en tanto no se haya ejecutado la unión; ni tampoco las adyacentes en una anchura mínima de cincuenta milímetros (50 mm), contada desde el borde del cordón. Cuando, por razones especiales, se juzgue conveniente efectuar una protección temporal, se elegirá un tipo de pintura fácilmente eliminable antes del soldeo.

Las superficies a imprimir se limpiarán cuidadosamente con la rasqueta y el cepillo de alambre; eliminando todo rastro de suciedad y de óxido, así como las escorias y las cascarillas. En estructuras sometidas a ambientes agresivos, será obligatoria la limpieza con chorro de arena.

Las manchas de grasa podrán eliminarse con lejía de sosa.

Entre la limpieza y la aplicación de la primera capa de protección debe transcurrir el menor espacio de tiempo posible.

Siempre que sea posible, la imprimación se efectuará en un local seco y cubierto, el abrigo del polvo. Si ello no es practicable podrá efectuarse la imprimación al aire libre; a condición de no trabajar en tiempo húmedo, ni en época de helada.

Entre la aplicación de la capa de imprimación y las de acabado, deberá transcurrir un plazo mínimo de treinta y seis horas (36 h).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las condiciones en que hayan de realizarse los tratamientos de metalizado, con zinc o con aluminio, cuando sea éste el medio previsto para la protección de la estructura.

Se adoptarán las medidas adecuadas para evitar la corrosión de los elementos que apoyen di-

rectamente sobre fábricas o que se empotren en las mismas.

## 640.12. Tolerancias de forma

Salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establezca otra cosa, las tolerancias máximas que se admitirán, respecto de las cotas de los Planos, en la ejecución y montaje de las estructuras metálicas, serán las siguientes:

- En el paso, gramiles y alineaciones de los agujeros destinados a roblones y tornillos, la décima parte (1/10) del diámetro de los roblones o tornillos.
- En las longitudes de soportes y vigas de las estructuras porticadas, cinco milímetros ( $\pm 5$  mm); teniendo en cuenta que las diferencias acumuladas no podrán exceder, en el conjunto de la estructura entre juntas de dilación, de quince milímetros (15 mm).
- En las longitudes de las barras componentes de celosías triangulares, tres milímetros ( $\pm 3$  mm).
- En la luz total de una viga armada o de celosía, entre ejes de apoyo, el límite menor de los dos siguientes:
  - Diez milímetros (10 mm).
  - Un dos mil quinientosavo (1/2.500) de la luz teórica.
- En la flecha de soporte, el límite menor de los dos siguientes:
  - Quince milímetros (15 mm).
  - Una milésima (1/1.000) de altura teórica.
- En la flecha de barras rectas de estructuras de celosía, el límite menor de los dos siguientes:
  - Diez milímetros (10 mm).
  - Un mil quinientosavo (1/1.500) de la distancia teórica entre nudos.
- La flecha del cordón comprimido de una viga, medida perpendicularmente al plano medio de la misma, no excederá del menor de los límites siguientes:
  - Diez milímetros (10 mm).
  - Un mil quinientosavo (1/1.500) de la luz teórica.

- Los desplomes de soportes no excederán del menor de los límites siguientes:
  - Veinticinco milímetros (25 mm).
  - Una milésima (1/1.000) de la altura teórica.
- Los desplomados de vigas en sus secciones de apoyo, sean de celosía o alma llena, no excederán de un doscientos cincuentavo (1/250) de su canto total; excepto para vigas carril, en las que la tolerancia anterior se reducirá a la mitad (1/2).

### 640.13. Medición y abono

Las estructuras de acero se abonarán, en general, por kilogramos (kg) de acero, medidos por pesada en báscula oficial, y en el precio irán incluidos todos los elementos de unión y secundarios necesarios para el enlace de las distintas partes de la estructura.

No obstante, en caso de que sea difícil o imposible la realización de las pesadas, se abonarán mediante medición teórica, en cuyo caso se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones: La longitud de las piezas lineales de un determi-

nado perfil se multiplicará por el peso unitario respectivo, que se reseña en las Norma UNE citadas en el Artículo 620 de este Pliego.

Para el peso de las chapas se tomará como peso específico del acero el de siete kilogramos y ochocientos cincuenta gramos por decímetro cúbico (7,850 kg/dm<sup>3</sup>).

La suma de los resultados parciales obtenidos por cada pieza lineal y chapa será la medición.

Para otros perfiles especiales que pudieran emplearse, se fijarán los pesos unitarios que hayan de aplicarse mediante acuerdo entre el Contratista y el Director.

El abono de los casquillos, tapajuntas y demás elementos accesorios y auxiliares de montaje, se considerará incluido en el de la estructura, salvo que se especifique en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Los roblones y tornillos utilizados se abonarán por unidades, según sus tipos, medidos sobre los Planos.

La soldadura se abonará por metros (m) de un determinado tipo, medidos sobre los Planos.

Cuando en el Proyecto no se especifique precio para el abono de las soldaduras, roblones o tornillos, se considerara que dicho abono está incluido en el de la estructura.

Los gastos de inspección radiográfica serán de cuenta del Contratista, si no se fija otra cosa en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

**Tabla 640.2.1. Preparación de bordes para soldeo semiautomático con alambre macizo y protección gaseosa**

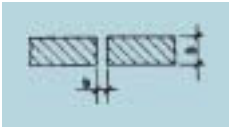
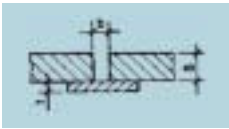
Uniones a tope en cualquier posición							
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	α (mm)	β (mm)	Observaciones	
<b>1.1. Bordes rectos</b>							
1.1.1.							
	S +1						
	1-5	—					Para soldaduras desde un solo lado
	2 -0						
	+1						
3-6		2					Para soldaduras desde los dos lados
-0							
1.1.2. Unión con chapa dorsal							
	+1						
	1	2					1 ≥ b · 8 mm máx.
	-0						
	+1						
2-5		S					
-0							

Tabla 640.2.2. Preparación de bordes para soldo semiautomático con alambre macizo y protección gaseosa

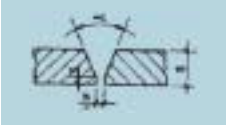
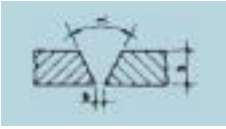
Uniones a tope en cualquier posición						
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	Observaciones
<b>1.2. En v</b>						
1.2.1.						
			+1	+0		
	$5 \leq 10$	2	2	$50^\circ \pm 5^\circ$		
			-2	-2		
	$\geq 10$	2	2	$45^\circ \pm 5^\circ$		Con burilado y toma de raíz
			-2	-1		
1.2.2.						
1.2.3.						
			+1			
	$5 \leq 10$	2	1 máx.	$50^\circ \pm 5^\circ$		
			-0			Con burilado y toma de raíz imposible
	$> 10$	2	1 máx.	$40^\circ \pm 5^\circ$		
			-0			
1.2.4.						

Tabla 640.2.3. Preparación de bordes para soldo semiautomático con alambre macizo y protección gaseosa

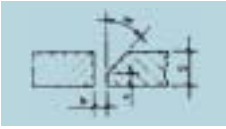
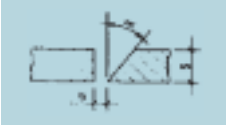
Uniones a tope en cualquier posición						
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	Observaciones
<b>1.3. En v asimétrica</b>						
1.3.1.						
						
	$6 \leq 10$	$2 \pm 1$	$2 \pm 1$	$45^\circ \pm 5^\circ$		
	$> 10$	$3 \pm 1$	$2 \pm 1$	$45^\circ \pm 5^\circ$		Toma de raíz posible
1.3.2.						
1.3.3.						
			+1			
	$6 \leq 10$	2	1 máx.	$45^\circ \pm 5^\circ$		
			-0			Toma de raíz posible
	$> 10$	2	1 máx.	$45^\circ \pm 5^\circ$		
			-0			
1.3.4.						

Tabla 640.2.4. Preparación de bordes para soldeo semiautomático con alambre macizo y protección gaseosa



Uniones a tope en cualquier posición						
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	Observaciones
<b>1.4. En x</b>						
1.4.1.						
	$\geq 12$	$3 \pm 1$	$3 \pm 1$	$50^\circ \pm 5^\circ$		$h = \frac{S}{2}$ (simétrica)
1.4.2.						
	$> 12$	$3 \pm 1$	1 máx.	$50^\circ \pm 5^\circ$		$h = \frac{S}{2}$ (simétrica)

Tabla 640.2.5. Preparación de bordes para soldeo semiautomático con alambre macizo y protección gaseosa

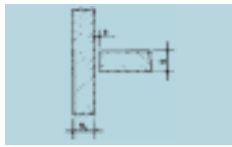
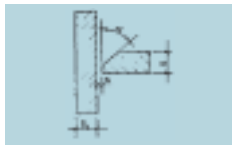
Uniones a tope en cualquier posición						
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	Observaciones
<b>2.1. Bordes rectos</b>						
2.1.1.						
	Cualquier espesor	$Oa = S/6$ Con 2 mm máx.				
<b>2.2. En V asimétrica</b>						
2.2.1.						
	$> 5$	$3 \pm 1$	$3 \pm 1$	$45^\circ \pm 5^\circ$		Toma de raíz con un cordón de ángulo

Tabla 640.2.6. Preparación de bordes para soldo semiautomático con alambre macizo y protección gaseosa

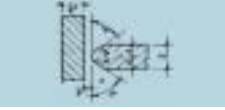
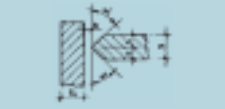

Uniones a tope en cualquier posición						
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	Observaciones
<b>2.3. En K</b>						
2.3.1.						
	$\geq 6$	$3 \pm 1$	$2 \pm 1$	$45^\circ \pm 5^\circ$		$h = \frac{S}{2}$ (simétrica)
2.3.2.						
	$\geq 6$	2	1 máx.	$45^\circ \pm 5^\circ$		$h = \frac{S}{2}$ (simétrica)
2.4.						
2.5. En doble U						
	$\geq 30$	2	$3 \pm 1$	$25^\circ \pm 5^\circ$		$h = \frac{S}{2}$ (simétrica) $R = 8$ $L = 3 \begin{matrix} +2 \\ -1 \end{matrix}$

Tabla 640.2.7. Preparación de bordes para soldeo manual con electrodos de penetración normal



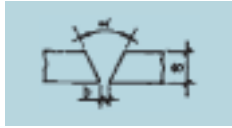

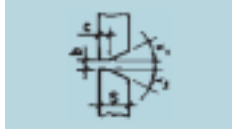

Uniones a tope						
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	Observaciones
<b>Soldeo en lecho y en vertical ascendente</b>						
<b>1.2. En V</b>						
1.2.1.						
	6-≤10	0-2	2 ± 1	70°	+0°	Burlado y toma de raíz
					-10°	
	>10-25	0-2	2 ± 1	60° ± 5°		Burlado y toma de raíz
1.2.2.						
	6-≤12	3	2	55° ± 5°	+2	70° +0° -10°
					-0	
	>12-25	5	2	55° ± 5°	+3	Para soldeo en vertical ascendente
1.2.3.						
	3-≤10	2		70°	+1	Burlado y toma de raíz imposible
					-0	
	>10-25	2		60°	+1	Burlado y toma de raíz posible
1.2.4.						
	6-≤12	3	2	55° ± 5°	+2	70° +0° -10°
					-0	
	>12-25	5	2	55° ± 5°	+3	Para soldeo en vertical ascendente
<b>Soldeo en cornisa</b>						
<b>1.2. En V</b>						
1.2.1.						
	≥10-20	3	2 ± 1	α <sub>1</sub> = 45°	+5°	Burlado y toma posible
					-0°	
					α <sub>1</sub> = 15°	-0°
1.2.2.						
1.2.1.						
	3-≤10	2		α <sub>1</sub> = 45°	+5°	Burlado y toma posible
					-0°	
	>10-20	2		α <sub>1</sub> = 45°	+5°	
1.2.4.						
				α <sub>2</sub> = 15°	+5°	
					-0°	

Tabla 640.2.8. Preparación de bordes para soldeo manual con electrodos de penetración normal



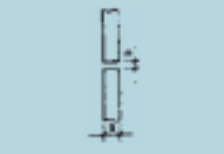
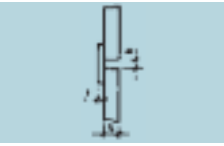
Uniones a tope						
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	Observaciones
<b>Soldeo en lecho y en vertical ascendente</b>						
<b>1.1. Bordes rectos</b>						
1.1.1.						
	$\leq 3$	$S \pm 0,5$				Para soldaduras por un solo lado
	$\leq 6$	0 á S/2				Para soldaduras por los dos lados
1.1.2. Unión con chapa dorsal						
	$< 3$	0 á 3				
	$3 < 5$	$\geq S + 3$				$t \geq b$
	$5 \leq 8$	$\geq 8$				
	8-16	$\geq 12$				
<b>Soldeo en cornisa</b>						
<b>1.1. Bordes rectos</b>						
1.1.1.						
	$\leq 3$	$S \pm 0,5$				Para soldaduras por un solo lado
	$\leq 5$	1 á S/2				Para soldaduras por los dos lados
1.2.2.						
				+1		
	$1 \leq 3$	S				$t \geq b$
				-0		



Tabla 640.2.9. Preparación de bordes para soldeo manual con electrodos de penetración normal

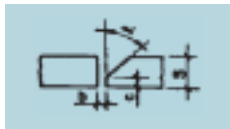
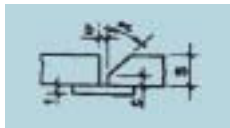
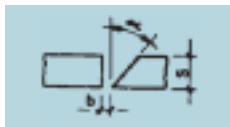
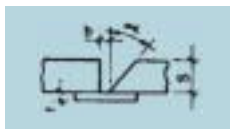
Uniones a tope						
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	Observaciones
<b>Soldeo en lecho y en vertical ascendente</b>						
<b>1.3. En V asimétrica</b>						
1.3.1.						
			+1	-0°		+5
	6-≤10	2 ± 1	2	55°		45°
			-1	+5°		-0
			+1	+5°		Por soldeo en vertical ascendente con burilado y toma de raíz. Burilado y toma de raíz
	>10-25	3 ± 1	2	45°		
		-0	-0°			
1.3.2.						
		+2	+0	-0°		+5
	6-≤12	5	2	55°		45°
		-0	-1	+5°		-0
		+4	+0	+5°		Por soldeo en vertical ascendente
	>10-25	5	2	45°		$t \geq b$
	-0	-1	-0°			
1.3.3.						
		+1		-0°		
	3-≤10	2		55°		
		-0		+5°		Burilado y toma de raíz imposible
		+1		+5°		
	>10-25	2		45°		
	-0		-0°			
1.3.3.						
		+1		-0°		
	3-≤12	5		55°		
		-0		+5°		
		+4		+5°		
	>12-25	5		45°		
	-0		-0°			
<b>Soldeo en cornisa</b>						
<b>1.3.</b>						
1.3.1.						
1.3.2.						
1.3.3.						
1.3.4.						

Tabla 640.2.10. Preparación de bordes para soldado manual con electrodos de penetración normal


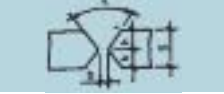
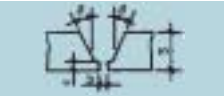






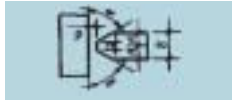




Uniones a tope						
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	Observaciones
<b>Soldado en lecho y en vertical ascendente</b>						
<b>1.4. En X</b>						
1.4.1.						
	>13-25	3 ± 1	2 ± 1			$h = S/2$ (simétrica)
1.4.2.						
	>13-25	3 ± 1		70	+0°	$h = S/2$ (simétrica)
	>20	3 ± 1		60° ± 5°	-10°	$h = S/2$ (simétrica)
<b>1.5. En U</b>						
1.5.1.						
	>20	2 ± 1	3 ± 1		15° ± 5°	R = 5 +2 -0
<b>1.6. En doble U</b>						
1.6.1.						
	>30	2 ± 1	3 ± 1		15°	$h = S/2$ (simétrica) R = 5 +2 -0
					+5°	
					-0°	
<b>Soldado en cornisa</b>						
<b>1.4. En X</b>						
1.4.1.						
	>20	2		$\alpha_1 = 45^\circ$	+5°	$h = S/2$ (simétrica)
					-0°	Si se exige penetración completa hay que tomar disposiciones especiales
					+5°	
				$\alpha_1 = 15^\circ$	-0°	
1.4.2.						
	>20	2		$\alpha_1 = 45^\circ$	+5°	$h = S/2$ (simétrica)
					-0°	Si se exige penetración completa hay que tomar disposiciones especiales
					+5°	
				$\alpha_1 = 15^\circ$	-0°	
1.5.						
1.6.						
						
<b>1.7. En K</b>						
1.7.1.						
	10-20	2	+1		+5°	$h = S/2$ (simétrica)
				$\alpha_1 = 45^\circ$	-0°	Si se exige penetración completa hay que tomar disposiciones especiales
	>20	2	+1	+0	+5°	
				$\alpha_1 = 15^\circ$	-0°	
			-0	-1	-0°	

Tabla 640.2.11. Preparación de bordes para soldado manual con electrodos de penetración normal

Uniones a tope						
Sección	S (mm)	b (mm)	c (mm)	$\alpha$ (*)	$\beta$ (*)	Observaciones
<b>Soldado en lecho y en vertical ascendente</b>						
<b>2.1. Borde recto</b>						
2.1.1.		Todos los espesores	0 á S/5 con 2 mm máx.			
<b>2.2. En V asimétrica</b>						
2.2.1.		5-≤20	0 á 3	1 máx.	55°	+5° -0°
<b>2.3. En K</b>						
2.3.1.		>13-25	0 á 3	2	+0 55° -1	+5° -0° <i>h = S/2 (simétrica)</i>
<b>2.4. En U asimétrica</b>						
2.4.1.		>16	0 á 3	2	+1 -0	+5° 20° -0° <i>R = 8</i>
<b>2.5. En doble U</b>						
		>30	0 á 3	2	+1 -0	+5° 15° -0° <i>h = S/2 (simétrica)</i> <i>R = 8</i> <i>L = 3</i> <i>+2</i> <i>-1</i>
<b>Soldado en cornisa</b>						
<b>2.1.</b>						
<b>2.2. En V asimétrica</b>						
2.2.1.		5-≤20	3	1 máx.	55°	+1 -0 +5° -0°
<b>2.3.</b>						
<b>2.4. En U asimétrica</b>						
2.4.1.		>16	0 á 3	2	+1 -0	+5° 20° ± 5° -0°
<b>2.5.</b>						

# 658. *Escollera de piedras sueltas* (\*)

## 658.1. Definición

Esta unidad consiste en la extensión por vertido de un conjunto, en general en forma de manto o repié, de piedras relativamente grandes procedentes de excavaciones en roca, sobre un talud preparado, formando una capa compacta, bien graduada y con un mínimo de huecos.

Su ejecución comprende normalmente las siguientes operaciones:

- Preparación de la superficie de apoyo de la escollera.
- Colocación de una capa filtro.
- Excavación, carga y transporte del material pétreo que constituye la escollera.
- Vertido y colocación del material.

## 658.2. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 658.2.1. *Materiales para escollera*

#### 658.2.1.1. Procedencia

Los materiales pétreos a emplear procederán de la excavación de la explanación, también podrán proceder de préstamos. En cualquier caso,

las piedras a utilizar deberán tener la superficie rugosa. No se admitirán piedras o bloques redondeados, salvo indicación en contra del Proyecto y tan sólo cuando la misión de la escollera sea la protección del talud frente a la meteorización.

Las zonas concretas a excavar para la obtención de materiales serán las indicadas por el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

#### 658.2.1.2. Calidad de la roca

En general serán adecuadas para escollera las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas resistentes, sin alteración apreciable, compactas y estables químicamente frente a la acción de los agentes externos, y en particular frente al agua.

Se consideran rocas estables aquellas que según NLT 255 sumergidas en agua durante veinticuatro horas (24 h), con tamaños representativos de los de puesta en obra, no manifiestan fisuración alguna, y la pérdida de peso que sufren es igual o inferior al dos por ciento (2%). También podrán utilizarse ensayos de ciclos de humedad-sequedad según NLT 260 para calificar la estabilidad de estas rocas, si así lo autoriza el Director de las Obras.

La densidad aparente seca mínima de la piedra será de dos mil quinientos kilogramos por metro cúbico (2.500 kg/m<sup>3</sup>).

La absorción de agua según UNE 83134 será inferior al dos por ciento (2%).

El Director de las Obras tendrá facultad para rechazar materiales para escollera cuando así lo aconseje la experiencia local.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

El coeficiente de desgaste de Los Ángeles, determinado según UNE EN 1097-2, será inferior a cincuenta (50).

### 658.2.1.3. Granulometría

El peso de cada una de las piedras que forman la escollera podrá variar entre diez kilogramos (10 kg) y doscientos kilogramos (200 kg). Además la cantidad de piedras de peso inferior a cien kilogramos (100 kg), será menor del veinticinco por ciento (25%) en peso.

Las condiciones anteriores corresponden al material colocado. Las granulometrías obtenidas en cualquier otro momento de la ejecución sólo tendrán valor orientativo, debido a las segregaciones y alteraciones que puedan producirse en el material durante la construcción.

El Proyecto o, en su defecto el Director de las Obras, podrá admitir tamaños máximos superiores.

### 658.2.1.4. Forma de las partículas

El contenido en peso de partículas con forma inadecuada será inferior al treinta por ciento (30%). A estos efectos se consideran partículas con forma inadecuada aquellas en que se verifique:

$$\frac{L + G}{2} \geq 3E$$

donde:

$L$  (longitud) = Separación máxima entre dos (2) planos paralelos tangentes al bloque.

$G$  (grosor) = Diámetro del agujero circular mínimo por el que puede atravesar el bloque.

$E$  (espesor) = Separación mínima entre dos (2) planos paralelos tangentes al bloque.

Los valores de  $L$ ,  $G$  y  $E$ , se pueden determinar en forma aproximada y no deben ser medidos necesariamente en tres (3) direcciones perpendiculares entre sí.

Cuando el contenido en peso de partículas de forma inadecuada sea igual o superior al treinta por ciento (30%) sólo se podrá utilizar este material cuando se realice un estudio especial, firmado por técnico competente y aprobado por el Director de las Obras, que garantice un comportamiento aceptable.

## 658.2.2. Materiales para la capa filtro

El filtro puede estar constituido por material granular o por geotextil.

El filtro de material granular consistirá en una o más capas de dicho material, permeable y bien graduado, formado por grava y arena. El cien por cien (100%) del material pasará por el tamiz 40 UNE. El espesor de la capa de filtro será el definido en Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

Si se disponen geotextiles como capa filtro de la escollera se estará a lo dispuesto en los artículos 290, «Geotextiles» y 422, «Geotextiles como elemento de separación y filtro» de este Pliego y se tendrá en cuenta la posibilidad de punzonamiento, para evitar lo cual se adoptarán las medidas oportunas que indique el Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras e incluso, si fuera necesario, se interpondrá una capa de material de granulometría intermedia.

## 658.3. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Las zanjas de cimentación y demás excavaciones necesarias deberán realizarse por el Contratista de acuerdo con el Proyecto y las prescripciones del Director de las Obras.

Los taludes a ser protegidos por la escollera deberán presentar una superficie regular, y estar libres de materiales blandos, restos vegetales y otros materiales indeseados.

Se dispondrá una capa filtro sobre la superficie preparada del talud, cuidando de que no se produzca la segregación del material. Se podrá prescindir de la capa filtro cuando así lo exprese el Proyecto, atendiendo a que la escollera tenga como única misión la protección del talud frente a la meteorización y no sean de prever flujos de agua.

Si el Proyecto especifica la disposición de un filtro geotextil, éste deberá desenrollarse directamente sobre la superficie preparada. Los solapes serán de al menos treinta centímetros (30 cm). Los geotextiles se solaparán de forma que el situado aguas arriba se apoye sobre el de aguas abajo. En aplicaciones bajo el agua, el geotextil y el material de relleno, se situarán el mismo día. El relleno se iniciará en el pie, progresando ha-

cia la zona alta del talud. El geotextil se anclará al terreno mediante dispositivos aprobados por el Director de las Obras. En todo caso el tipo de geotextil será el especificado por el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

La piedra se colocará de forma que se obtengan las secciones transversales indicadas en el Proyecto. No se admitirán procedimientos de puesta en obra que provoquen segregaciones en la escollera, ni daño al talud, capa de filtro o geotextil. La escollera no se verterá sobre los geotextiles desde una altura superior a treinta centímetros (30 cm). Cualquier geotextil dañado durante estas operaciones, será reparado o sustituido a costa del Contratista.

El frente de la escollera será uniforme y carecerá de lomos o depresiones, sin piedras que sobresalgan o formen cavidades respecto de la superficie general.

#### **658.4. Medición y abono**

La escollera de piedras sueltas se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ) realmente colocados en obra, medidos sobre plano de obra ejecutada.

El material de filtro granular, se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ) realmente colocados en

obra, asimismo medidos sobre plano de obra ejecutada.

El material geotextil se abonará por metros cuadrados ( $m^2$ ) de superficie cubierta, conforme a lo especificado en el Proyecto, no siendo de abono la superficie correspondiente a solapes o recortes.

Cuando el Proyecto no incluya la valoración de la capa filtro, esta unidad no será de abono y se considerará como una obligación subsidiaria del Contratista.

#### **Normas de referencia en el artículo 658**

UNE 83134 Áridos para hormigones. Determinación de las densidades, porosidad, coeficiente de absorción y contenido en agua del árido grueso.

UNE EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

NLT 255 Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción del desmoronamiento en agua.

NLT 260 Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de los ciclos de humedad-sequedad.

# 659. *Fábrica de gaviones* (\*)

## 659.1. Definición

### 659.1.1. *Gavión*

Envoltorio o caja metálica, con forma de prisma de base rectangular fabricada con un enrejado de malla de triple torsión de alambre de acero galvanizado, rellena de piedras.

### 659.1.2. *Fábrica de gaviones*

La constituida por gaviones convenientemente colocados y enlazados para constituir una obra de defensa o sostenimiento.

## 659.2. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 659.2.1. *Gaviones. Envoltorio metálica*

#### 659.2.1.1. *Características generales*

Los gaviones metálicos estarán fabricados por un enrejado de malla de triple torsión construido con alambre de acero galvanizado de re-

sistencia a tracción comprendida entre cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa) y quinientos cincuenta megapascales (550 MPa) según UNE 36730.

Las aperturas de la malla no podrán ser inferiores a cinco por siete centímetros (5 × 7 cm) ni superiores a ocho por diez centímetros (8 × 10 cm).

El diámetro mínimo aceptado del alambre galvanizado no protegido será de dos milímetros (2 mm).

El alambre se galvanizará en caliente mediante inmersión en un baño de zinc fundido, según UNE 36730. El peso del recubrimiento de zinc no será inferior a doscientos cuarenta gramos por metro cuadrado (240 g/m<sup>2</sup>) y deberá cumplir las normas vigentes para alambres galvanizados reforzados. El recubrimiento no presentará ninguna exfoliación a simple vista y podrá soportar, en cualquier punto distante más de treinta milímetros (30 mm) del extremo final del alambre tejido, tres (3) inmersiones de un (1) minuto la primera, un (1) minuto la segunda y de medio (1/2) minuto la tercera, en la solución «Standard» de sulfato de cobre descrita en UNE 7183, sin alcanzar el «punto final» definido en dicha norma.

Las aristas y bordes de los gaviones estarán formadas por alambre galvanizado cuyo diámetro será como mínimo un veinte por ciento (20%) superior al que se emplea en el enrejado. Se admitirá una tolerancia del dos y medio por ciento (2,5%) en el calibre del alambre después de tejido. Asimismo podrán utilizarse como aristas y bordes de los gaviones, alambres de acero galvanizado reforzados mediante plastificado por extrusión de poli(cloruro de vinilo) siempre que cumplan con los requisitos especificados en este apartado y en UNE 36730.

(\*) Artículo modificado por la OM 1382/2002.



### 659.2.1.2. Forma y dimensiones

La forma y dimensiones de los gaviones metálicos serán los señalados en los planos.

En todo caso, una vez montados y rellenos, tendrán forma regular sin alabeos ni deformaciones.

### 659.2.2. Piedra a emplear en el relleno de gaviones

#### 659.2.2.1. Condiciones generales

La piedra a emplear en el relleno de gaviones será natural o procedente de machaqueo. No deberá contener en su composición agentes de tipo corrosivo, teniendo que ser resistente a la acción del agua y de la intemperie.

#### 659.2.2.2. Dimensiones

Las piedras serán de forma regular tendrán tamaños cuyas longitudes de aristas estarán comprendidas en el intervalo de diez a veinte centímetros (10 a 20 cm), debiendo el material estar razonablemente graduado entre ambos límites.

#### 659.2.2.3. Calidad

El coeficiente de desgaste de Los Angeles, determinado según UNE EN 1097-2, será inferior a cincuenta (50).

#### 659.2.2.4. Absorción de agua

La capacidad de absorción de agua deberá ser inferior al dos por ciento (2%) en peso determinado según UNE 83134.

### 659.3. Forma y dimensiones

La forma y dimensiones de la fábrica de gaviones será la definida en el Proyecto.

### 659.4. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

El alambre usado para la costura de los gaviones y ligaduras entre gaviones será de al menos las mismas características de espesor, resistencia y protección que el empleado en los propios gaviones.

En el lugar de emplazamiento se desplegarán los gaviones y se abatirán en el suelo. Las celdas se formarán mediante cosido, (con alambre galvanizado), de las aristas introduciendo elementos de rigidización de las paredes verticales con el fin de coartar suficientemente sus deformaciones en la operación de llenado. El número de celdas se acomodará a las dimensiones previstas para el muro de gaviones.

Seguidamente se procederá al relleno de las celdas procurando colocar las piedras de mayor tamaño en los paramentos o caras vistas de forma que quede el menor volumen posible de huecos.

A juicio del Director de las Obras, durante el proceso de relleno, se podrán tomar todas las medidas adicionales que se consideren necesarias con el fin de evitar deformaciones en los gaviones.

Terminado el relleno, se cerrará el gavión, cosiendo la tapa a las aristas de la caja con alambre similar al empleado en las ligaduras.

### 659.5. Medición y abono

La fábrica de gaviones se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente colocados, medidos en su emplazamiento. La unidad incluye todos los materiales y operaciones necesarios para dejar totalmente acabada e instalada la unidad de obra en su emplazamiento definitivo.

#### Normas de referencia en el artículo 659

UNE 7183 Método de ensayo para determinar la uniformidad de los recubrimientos galvanizados, aplicados a materiales manufacturados de hierro y acero.

UNE 36730 Gaviones y gaviones de recubrimiento de enrejado de malla hexagonal de alambre de acero galvanizado o galvanizado y recubierta de PVC.

UNE 83134 Áridos para hormigones. Determinación de las densidades, porosidad, coefi-

ciente de absorción y contenido en agua del árido grueso.

UNE EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

# 670. *Cimentaciones por pilotes hincados a percusión* (\*)

## 670.1. Definición

Se definen como cimentaciones por pilotes hincados a percusión, las realizadas mediante hinca en el terreno, por percusión sobre su cabeza, sin rotación, de pilotes de hormigón armado, hormigón pretensado, acero o madera. La profundidad de hincado del pilote habrá de ser igual o mayor que ocho (8) veces la dimensión mínima del mismo.

También se considera el pilote cuya hinca se efectúa por vibración, y en el que se comprueba el rechazo final con tres (3) andanadas de hinca por percusión.

## 670.2. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

### 670.2.1. *Pilotes de hormigón armado o pretensado*

Además de lo expuesto en este artículo se estará a lo indicado en la vigente Instrucción de

Hormigón Estructural (EHE), e Instrucción para la Recepción de Cementos así como lo especificado en el artículo 630, «Obras de hormigón en masa o armado», y en el artículo 631, «Obras de hormigón pretensado» de este Pliego.

El tipo de hormigón a emplear será el fijado en el Proyecto. En cualquier caso, la dosificación de cemento no será inferior a trescientos cincuenta kilogramos por metro cúbico ( $350 \text{ kg/m}^3$ ), y el tamaño máximo del árido grueso no será superior a veinticinco milímetros (25 mm). La resistencia característica a compresión a veintiocho días (28 d) no será inferior al mayor de entre los dos valores siguientes: treinta megapascas (30 MPa) o el valor mínimo que especifique la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) para una pieza de las características de que en cada caso se trate.

En la ejecución de los pilotes se emplearán encofrados metálicos, suficientemente robustos para que las caras del pilote queden bien planas y lisas. El hormigonado se hará de una sola vez y sin interrupciones.

Se cuidará especialmente que las armaduras queden bien fijas; de modo que el recubrimiento sea el especificado en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), en el Proyecto y, en todo caso, superior a dos centímetros y medio (2,5 cm), materializándose éste mediante la disposición de separadores. La compactación del hormigón se hará por vibración.

La playa o plataforma sobre la cual se hormigonan los pilotes estará pavimentada con hormigón perfectamente liso y plano. Se comprobará que la resistencia del terreno es tal que no puedan producirse asientos que originen esfuerzos superiores a los que pueda resistir el pilote durante su período de endurecimiento. Esto habrá

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

que tenerlo especialmente en cuenta cuando se hormigonen varias capas de pilotes superpuestas, y la carga producida sobre el terreno pueda llegar a ser importante.

Las superficies de hormigón que puedan quedar en contacto con el pavimento de la plataforma, tales como las de la cara inferior de los pilotes, se pintarán con sustancias separadoras adecuadas, o se interpondrá una capa de papel, de modo que no sean precisos esfuerzos adicionales para arrancar los pilotes de su lugar de hormigonado.

Si la sección es poligonal se dispondrá, como mínimo, una (1) barra de armadura longitudinal en cada vértice. Si la sección es circular se repartirán uniformemente en el perímetro, con un mínimo de seis (6). En cualquier caso serán de una sola pieza. El empalme, cuando fuera necesario, se hará mediante soldadura y no coincidirá más de un (1) empalme en la misma sección transversal del pilote.

En los pilotes de hormigón armado, sin pretensar, la armadura longitudinal tendrá una cuantía respecto al área de la sección transversal del pilote no menor del uno con veinticinco por ciento (1,25%) y el diámetro de las barras no será menor de doce milímetros (12 mm).

La armadura transversal tendrá una cuantía no menor del cero con dos por ciento (0,2%) respecto al volumen del pilote, en toda su longitud, y su diámetro no será menor de seis milímetros (6 mm). En punta y cabeza, y en una longitud no menor de tres (3) veces el diámetro de la circunferencia que circunscribe a la sección transversal del pilote, se duplicará dicha cuantía.

La punta del pilote dispondrá de un azuche apuntado, o bien, en una longitud mínima de treinta centímetros (30 cm) estará protegida por una cazoleta o por pletina de acero.

Cada pilote se marcará, cerca de la cabeza, con un número de identificación, la fecha de su hormigonado, en su caso la de pretensado, y su longitud.

Se tomarán las precauciones usuales para un curado conveniente; el cual se prolongará lo necesario para que los pilotes adquieran la resistencia precisa para su transporte e hinca. Si los pilotes hubieran de ser hincados en terrenos agresivos, o quedar expuestos al agua del mar, el período de curado no podrá ser inferior a veintiocho días (28 d). En este caso los pilotes habrán de protegerse con una pintura protectora adecuada, debiendo estudiarse la necesidad de utilizar un cemento resistente a la clase de exposición de que se trate.

En la fabricación de pilotes de hormigón se tendrá en cuenta que éstos deberán ser capaces de soportar las operaciones de transporte, manejo e hinca de forma que no se produzcan roturas ni fisuras mayores de quince centésimas de milímetro (0,15 mm). No deberán tener una flecha, producida por peso propio, mayor de tres milésimas partes (0,003) de su longitud, ni pandeos locales superiores a un centímetro por metro (1 cm/m) de longitud de éste.

Si el pilote está constituido por varios tramos, los correspondientes empalmes se harán de forma que su resistencia no sea inferior a la de la sección normal del pilote y quede garantizada la perfecta alineación de los diversos tramos.

En pilotes de hormigón pretensado las tensiones de pretensado se definirán de forma que los pilotes puedan resistir los esfuerzos de manipulación, transporte e hinca, así como los de servicio.

### 670.2.2. Pilotes de acero

Se estará, en especial, a lo dispuesto en los siguientes artículos de este Pliego:

- Artículo 620, «Perfiles y chapas de acero laminados en caliente para estructuras metálicas».
- Artículo 621, «Roblones».
- Artículo 622, «Tornillos ordinarios y calibrados».
- Artículo 623, «Tornillos de alta resistencia».
- Artículo 624, «Electrodos a emplear en soldadura eléctrica manual al arco».

Los pilotes de acero estarán imprimados por una o varias manos de pintura de minio, y protegidos por pinturas de tipo marítimo o bituminoso. No se admitirá el alquitrán, a menos que esté neutralizado con cal apagada, o con cualquier otra sustancia que haga que su reacción sea neutra.

Si el suelo o el agua freática contienen elementos agresivos para el acero, deberá efectuarse, a falta del mismo en el Proyecto y previa solicitud del Director de las Obras, un estudio de las medidas de protección de los pilotes que pueden consistir, entre otros procedimientos, en:

- Dimensionamiento de los pilotes con sobreescción, considerando una reducción de la sección en función del carácter agresivo del medio.
- Protección catódica.

- Protección mediante galvanización o pintura, en suelos poco abrasivos.

Si el pilote está constituido por varios tramos, los correspondientes empalmes se harán de forma que su resistencia no sea inferior a la de la sección normal del pilote, y quede garantizada la perfecta alineación de los diversos tramos.

Se autoriza el empleo de forros o platabandas para asegurar los empalmes, siendo preferible que estén situados en las zonas entrantes del pilote. La punta del pilote se podrá reforzar y adaptar para facilitar la hinca, bien con platabandas, forma apuntada, azuche, etc.

### 670.2.3. Pilotes de madera

Se estará especialmente a lo dispuesto en el artículo 286, «Madera» de este Pliego.

La madera a emplear en pilotes deberá cumplir, además, las siguientes condiciones:

- Las oquedades que pueda presentar la madera tendrán un diámetro inferior a cuatro centímetros (4 cm), y una profundidad inferior a un quinto (1/5) del diámetro medio del pilote y en ningún caso superior a diez centímetros (10 cm). Las hendiduras longitudinales serán en todo caso de longitud menor de vez y media (1,5) el diámetro medio del pilote. En particular, la madera contendrá el menor número posible de nudos, los cuales tendrán un diámetro inferior a diez centímetros (10 cm), o a un tercio (1/3) del diámetro medio del pilote.
- No se admitirán pilotes con más de tres (3) nudos en una longitud de dos metros (2 m).
- No se admitirán pilotes que presenten un giro, en sus fibras, superior a ciento ochenta grados sexagesimales (180°) en una longitud de cinco metros (5 m).
- Los pilotes de madera deberán ser bien rectos; y la línea recta que une los centros de las secciones de punta y cabeza deberá quedar incluida, en su totalidad, dentro del pilote; el cual, por otra parte, no presentará codos que supongan una desviación mayor de seis centímetros (6 cm) en una longitud de metro y medio (1,5 m).

Salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, los pilotes irán desprovistos de su corteza en la longitud destinada a que-

dar hincada en el terreno y la mantendrán en las partes que permanezcan fuera, especialmente las que han de quedar sumergidas en el agua.

Los fustes de los pilotes estarán desprovistos de toda clase de salientes; a cuyo efecto deberán cortarse las ramas o nudos que posean.

A menos que el Proyecto o el Director de las Obras indiquen otra cosa, los pilotes no se someterán a ningún tratamiento preservativo contra la pudrición de la madera, excepto en la zona cerrada de la punta; la cual deberá protegerse con dos (2) manos de pintura de creosota, o cualquier otra de tipo similar, previamente aprobada por el Director de las Obras.

La punta irá protegida por un azuche con las características que indique el Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras. A su vez, la cabeza del pilote irá provista de un aro de hierro, ajustado en caliente, para evitar que se hienda por efecto de los golpes de la maza.

Las condiciones anteriormente indicadas serán de aplicación a obras definitivas. Para obras provisionales el Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras señalarán las que pueden suprimirse o suavizarse, de acuerdo con las características peculiares de cada obra.

## 670.3. Estudio de ejecución y programa de trabajos

### 670.3.1. Estudio de ejecución del pilotaje

Antes de iniciar la ejecución de los pilotes, y con una antelación suficiente, el Contratista presentará al Director de las Obras para su aprobación, un «Estudio de ejecución del pilotaje», firmado por técnico competente.

El «Estudio de ejecución del pilotaje» indicará en base a la información geológica y geotécnica del terreno, planos de la obra a ejecutar, sobrecargas a cota de cimentación, y posible presencia de edificaciones o servicios próximos que pudieran verse afectados por la obra, al menos:

- El método de hinca a emplear.
- El peso de la maza o martinete, en función del peso de los pilotes.
- La altura de caída de la maza.
- El rechazo a obtener al final de cada hinca.
- El criterio para la definición de la profundidad a la que los pilotes deben llegar.

- Relación ordenada de actividades a desarrollar.
- Distribución por tajos de la obra de pilotaje.
- Sistema de designación e identificación de pilotes.
- Métodos previstos de apoyo a hinca (rehinca, lanza de agua).

Se incluirán en este documento, si así lo prescribe el Director de las Obras, el estudio de las medidas de protección de los pilotes indicadas en el punto 670.2 de este artículo.

### 670.3.2. Programa de trabajos

Este programa, que acompañará al «Estudio de ejecución del pilotaje», deberá incluir, entre otros, los siguientes conceptos:

- Esquema de pilotaje, de acuerdo con lo establecido en el anterior apartado.
- Cronograma de trabajos que, con el detalle suficiente, establezca la duración e interrelación de las distintas actividades y tajos previstos en el «Estudio de ejecución del pilotaje».
- Equipos de hinca. Relación de los equipos a emplear, con indicación de sus características principales, y las máquinas de reserva de que se dispondrá en obra. El número y capacidad de los equipos será el adecuado para garantizar, con holgura, el cumplimiento del cronograma de trabajos.

### 670.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Los equipos para la hinca de pilotes serán, por lo general, martinets provistos de mazas que golpean las cabezas de los pilotes, y de dispositivos de guía que aseguran que los pilotes no sufrirán desviaciones ni golpes descentrados que puedan provocar una hinca defectuosa o su rotura.

Las mazas empleadas pueden ser de caída libre, o bien de simple o doble efecto. El peso de las dos primeras estará proporcionado al peso del pilote; siendo preferible que, en el caso de pilotes de madera o metálicos, el peso de la maza sea aproximadamente igual al del pilote, y no menor de la mitad (1/2) de éste. En el caso de pi-

lotes de hormigón armado, deben emplearse mazas que pesen al menos la mitad (1/2) que el pilote; en pilotes de longitud superior a treinta metros (30 m) podrá admitirse que el peso de la maza sea igual al necesario para una longitud de pilote de quince metros (15 m).

En la hinca de pilotes de hormigón armado o pretensado la altura de caída de la maza no deberá exceder, en condiciones normales, de un metro y veinticinco centímetros (1,25 m). Las mazas de doble efecto se emplearán siguiendo las instrucciones del Director de las Obras.

En todo caso el tipo de maquinaria a emplear y la forma de utilizar la misma vendrá recogida en el «Estudio de ejecución del pilotaje» que deberá haber aprobado el Director de las Obras según lo especificado en el apartado 670.3.1 de este artículo.

### 670.5. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

El Contratista adoptará un sistema lógico de designación de los pilotes que permita identificarlos en los esquemas o planos y en la obra. La identificación en la obra será mediante marcas o señales permanentes, de forma que, inequívocamente, se correspondan con el eje de su respectivo pilote.

El Contratista realizará y organizará los accesos, a los frentes de trabajo o tajos, instalaciones de maquinaria y almacenamiento de materiales, así como todos los medios auxiliares necesarios para la buena ejecución de los trabajos de pilotaje, según lo indicado en el «Estudio de ejecución del pilotaje» y aprobado por el Director de las Obras.

Durante la hinca, la cabeza de los pilotes de madera no precisará protección especial, siempre que lleve el aro de hierro ajustado en caliente al que se ha hecho referencia en el apartado 670.2.3 de este artículo.

Los pilotes de hormigón armado o pretensado precisarán, en cambio, de un sombrero de acero, que tenga una almohadilla de un material de cierta elasticidad, como madera dura, cartón embreado, cáñamo trenzado, o cualquier otro material análogo. El espesor de esta almohadilla no deberá ser excesivo, para no rebajar demasiado la eficacia del golpe de la maza.



Los pilotes metálicos, cuando se hincan con mazas de doble efecto, no precisarán protección especial; cuando se hincan con los otros dos tipos de maza necesitarán un sombrerete, que deberá ser lo suficientemente resistente para no deformarse bajo el impacto, sin precisar propiamente de almohadilla.

La lanza de agua, o inyección de agua a presión inferior a un megapascal (1 MPa), durante la hinca, podrá emplearse en los casos en que sea difícil alcanzar la profundidad de hinca fijada en los planos por tener que atravesar capas de suelos granulares densos. La lanza de agua deberá emplearse tan sólo con autorización del Director de las Obras y se aplicará con presiones y caudales no excesivos, para evitar daños en construcciones o pavimentos vecinos.

El empleo de la lanza de agua se suspenderá cuatro metros (4 m) por encima de la profundidad prevista para la terminación de la hinca, que debe siempre acabarse por el procedimiento ordinario. También se suspenderá si el pilote empieza a torcerse, por producirse una perturbación excesiva del terreno.

Los pilotes prefabricados se hincarán hasta obtener el rechazo fijado en el Proyecto o «Estudio de ejecución del pilotaje» o bien hasta la profundidad especificada en los mismos. Salvo especificación en contra de estos documentos o del Director de las Obras, no se podrá proseguir la hinca, aunque no se hubiera llegado a la profundidad indicada, cuando el rechazo llegue a los valores prefijados, so pena de que la solicitud producida por el impacto de la maza pueda dañar el pilote.

En el caso de hinca de grupos cerrados de pilotes, se comenzará hincando las filas centrales; siguiendo después hacia las exteriores. Se recomienda iniciar la hinca de un cinco por ciento (5%) de los pilotes repartidos de modo uniforme por toda la obra, para conocer mejor la longitud y el rechazo real de hinca de cada zona.

El Contratista confeccionará un parte de hinca de cada pilote, en el que figurará, al menos:

- Su posición.
- Número de identificación.
- Maza empleada.
- Horas de comienzo y terminación de la hinca.
- Longitud total hincada.
- Rechazo obtenido en las últimas tres (3) andanadas de diez (10) golpes cada una, con la altura de caída correspondiente; o bien, si se trata de mazas de doble efecto, el número

de golpes por minuto. En la prueba de rechazo se emplearán almohadillas o sombreretes nuevos.

- Sombrerete empleado.
- Cualquier incidente ocurrido durante la hinca.

Los pilotes que se hayan roto durante la hinca no serán aceptados. Serán particularmente sospechosos de haberse roto los pilotes que, habiendo llegado a dar un rechazo muy pequeño, comiencen súbitamente a dar un rechazo mucho mayor y aquellos que presenten inclinaciones anormales durante el proceso de hinca.

Los pilotes rotos podrán ser extraídos y sustituidos por otros hincados en el mismo lugar, si la extracción es completa. En otros casos, podrán ser sustituidos por uno o dos pilotes hincados en sus proximidades; variando, si conviene, la forma y armaduras del encepado. La sustitución será siempre sometida a la previa aprobación del Director de las Obras.

Los pilotes mal hincados, por falta de precisión en su posición o inclinación podrán ser sustituidos como un pilote roto o bien podrán ser aceptados a juicio del Director de las Obras modificando, en su caso, el encepado.

Si, por causa de una obstrucción subterránea, un pilote no pudiera hincarse hasta la profundidad especificada en Proyecto, el Contratista deberá intentar proseguir la hinca con los medios que prescriba el Director de las Obras, tales como rehincar o lanza de agua.

En el caso de que los pilotes hayan de ser recrecidos después de su hinca parcial, el hormigonado de la sección recrecida se hará con moldes que aseguren una alineación lo más perfecta posible entre las dos secciones.

Las armaduras se empalmarán por solape o por soldadura a tope, debiendo emplearse esta última solución siempre que sea factible.

El período de curado de la sección recrecida no será menor de veintiocho días (28 d).

En el caso de pilotes compuestos por varias secciones que se vayan empalmando a medida que se hincan, la resistencia del pilote no se considerará superior a la junta la cuál estará dispuesta de modo que asegure una perfecta alineación entre las diversas secciones.

Se evitará la permanencia o paso de personas bajo cargas suspendidas, acotando las áreas de trabajo.

Los pilotes se izarán suspendidos de forma que la carga sea estable y segura; se tendrá en cuenta el viento existente cuando se realicen es-



tas operaciones, que se suspenderán cuando el viento alcance una velocidad superior a los cincuenta kilómetros por hora (50 km/h).

Diariamente se revisará el estado de los dispositivos de manejo e hinca de los pilotes antes de comenzar los trabajos. Las tareas de guía del pilote serán realizadas mediante elementos auxiliares que permitan el alejamiento de trabajadores del mismo, en el momento de la hinca.

Los dispositivos de hinca deberán mantenerse, cuando no estén en uso, en posición tal que no puedan ponerse en movimiento fortuitamente para que no se produzcan caídas de la maza o de otros elementos de esta maquinaria de forma accidental.

La tarea de descabezado de los pilotes se realizará de forma que no se produzcan proyecciones de trozos o partículas de hormigón sobre personas próximas, o bien, se dispondrán los apantallamientos necesarios. Los trabajadores encargados del picado irán provistos de gafas, casco, mandil y botas de seguridad.

Después de la hinca, se demolerán las cabezas de los pilotes de hormigón armado, hasta dejarlas al nivel especificado; y, en todo caso, en una longitud suficiente para sanear todo el hormigón que pueda haber quedado resentido por el golpeo de la maza; estimándose esta longitud, cuando menos, en medio metro (0,5 m). La demolición se hará con cuidado, para no dañar el hormigón restante.

La sección saneada del pilote tendrá una longitud tal que permita una entrega en su encepado de al menos cinco centímetros (5 cm). La armadura longitudinal quedará descubierta, al menos cincuenta centímetros (50 cm).

En el caso de utilizar pilotes de prueba, deberán situarse en un punto lo más próximo posible al de los pilotes de trabajo, pero a una distancia mínima de la mitad (1/2) de su longitud. Durante su hinca se registrará el rechazo obtenido en cada andanada desde el comienzo de la operación.

Igualmente el Director de las Obras podrá, ordenar la rehinca de algunos pilotes de prueba, algún tiempo después de ejecutada la hinca primitiva.

En obras con más de veinte (20) pilotes, y en las de menos cuando así lo indique el Proyecto o el Director de las Obras, se utilizarán analizadores de hinca sobre algunos de los pilotes y se efectuarán pruebas de carga y ensayos de impedancia mecánica.

Al interpretar estos ensayos debe tomarse en consideración la posible existencia de juntas de unión.

Si los resultados de los ensayos anteriores revelaran posibles anomalías, el Director de las Obras podrá ordenar, bien la comprobación del diseño teórico del pilote, bien la realización de investigaciones complementarias, de cuya interpretación puede establecer:

- La necesidad de reparación del pilote.
- Su rechazo.
- La necesidad de realizar una prueba de carga.

La carga de los pilotes de prueba se efectuará, en caso de existir éstos, por medio de gatos o lastre. Para determinar la aceptabilidad de la cimentación, se calculará la influencia de los asientos diferenciales probables, deducidos de las pruebas, sobre la superestructura. El proceso de carga será el definido en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

Siempre que existan dudas sobre las condiciones de resistencia de algunos de los pilotes de trabajo, el Director de las Obras podrá ordenar la ejecución de pruebas de carga sobre los mismos; no excediendo la carga máxima del ciento veinticinco por ciento (125 por 100) de la carga de trabajo. A la vista de los resultados de la prueba de carga, el Director de las Obras adoptará la solución más adecuada.

Una vez terminados los trabajos de hinca de pilotes de hormigón, el Contratista retirará los equipos, instalaciones de obra, obras auxiliares, andamios, plataformas y demás medios auxiliares y procederá a la limpieza de las zonas de trabajo de los materiales, detritus, chatarra y demás desperdicios originados por las operaciones realizadas para ejecutar la obra, siendo todos estos trabajos a su cargo.

### 670.6. Tolerancias en la posición de los pilotes

Si no se especifica otra cosa en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, los pilotes deberán quedar hincados en una posición que no difiera de la prevista en Proyecto en más de cinco centímetros (5 cm) o el quince por ciento (15%) del diámetro, el mayor de ambos valores, para los grupos inferiores a tres (3) pilotes conjuntamente encepados, y más de quince centímetros (15 cm) para los grupos de tres (3) o más pilotes, y con una inclinación tal que la desviación de un extremo, respecto de la prevista, no

sea mayor del tres por ciento (3%) de la longitud del pilote.

Se exceptúan de las reglas anteriores los pilotes hincados desde plataformas flotantes, para los que se especificarán las tolerancias en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

En el caso de que se trate de pilotes cuya punta deba descansar sobre un estrato muy resistente, se vigilará, mediante nivelación, que la hinca de unos pilotes no produzca la elevación de los ya hincados; lo cual podría ocasionar que éstos perdieran el contacto con el mencionado estrato. Si así fuera, se procederá a rehincar los pilotes hasta asegurar el referido contacto.

### 670.7. Medición y abono

Las cimentaciones por pilotes hincados a percusión se abonarán por metros (m) de pilote realmente colocados, medidos en el terreno como suma de las longitudes de cada uno de ellos, desde la punta hasta la cara inferior del encepado. En este precio se deberá contemplar la parte proporcional del sobrante necesario para asegurar la correcta conexión del pilote con el encepado.

No serán de abono las pruebas de carga ni los ensayos, si su realización se produce como consecuencia de un trabajo defectuoso o por causas que le sean imputables al Contratista.

No serán de abono los pilotes hincados con desviaciones superiores a las indicadas en este Pliego o en el Proyecto, salvo justificación técnica de su validez mediante estudio firmado por técnico competente, aprobado por el Director de las Obras.

No serán de abono los pilotes que presenten, durante su hinca, disgregaciones en su fuste, ro-

turas o fisuras de espesor superior a quince centésimas de milímetro (0,15 mm).

No serán de abono los pilotes que no hayan alcanzado la profundidad prevista, cuando el rechazo obtenido en las tres (3) últimas andanadas fuera superior al especificado.

### 670.8. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

# 671. *Cimentaciones por pilotes de hormigón armado moldeados in situ* (\*)

## 671.1. Definición

Se definen como cimentaciones por pilotes de hormigón armado moldeados «in situ» las realizadas mediante pilotes de hormigón armado, cuya ejecución se efectúa perforando previamente el terreno y rellenando la excavación con hormigón fresco y las correspondientes armaduras.

Se consideran los siguientes tipos de pilotes moldeados «in situ»:

- Atendiendo al modo de sostener las paredes de la perforación:
  - Pilotes con entubación recuperable: La entubación se extrae a medida que se hormigona el pilote, y es siempre de acero.
  - Pilotes con entubación perdida: La entubación constituye la protección exterior o forro del pilote.
  - Pilotes perforados con lodos bentoníticos: Son los pilotes en los que se utiliza, como contención de las paredes de perforación, lodo bentonítico.
  - Pilotes perforados sin sostenimiento: Pilotes en los que no se utiliza ningún sistema de contención de las paredes de perforación por permitirlo el terreno, sin que se prevea presencia de agua.
  - Pilotes perforados con barrena continua: Pilotes perforados con una hélice continua de fuste hueco, a través del cual se procede al hormigonado a medida que se extrae la hélice.
- Atendiendo a la forma de introducir la entubación en el terreno:

- Pilotes de desplazamiento: La entubación se hinca con azuche inferior desplazando el terreno por percusión.
- Pilotes sondeados: La entubación se introduce en el terreno, extrayendo al mismo tiempo los productos de su interior mediante cuchara, sonda o cualquier otro artefacto.

- Atendiendo a la forma de la entubación:

- Pilotes de entubación abierta: La entubación no tiene fondo, y puede ser introducida en el terreno por hinca o medios mecánicos alternativos.
- Pilotes de entubación cerrada: La entubación tiene fondo, constituyendo una caja prácticamente impermeable que aísla al pilote del terreno. En este caso los pilotes son, necesariamente de entubación perdida y de desplazamiento.
- Pilotes de entubación taponada: La entubación es abierta, pero se hinca con tapón de grava y hormigón, o bien con azuche perdido. Durante la hinca la entubación se comporta como cerrada, pero luego suele recuperarse, funcionando como una entubación abierta.

No deberán ejecutarse pilotes con barrena continua, salvo indicación expresa del Proyecto o del Director de las Obras, cuando:

- La inclinación de los pilotes sea mayor de seis grados sexagesimales (6°), salvo que se tomen medidas para controlar la dirección de la perforación y la colocación de la armadura.

(\*) Artículo modificado por la OM 1382/2002.

- Existan capas de terreno inestable con un espesor mayor que tres (3) veces el diámetro del pilote, salvo que pueda demostrarse, mediante pilotes de prueba, que la ejecución es satisfactoria.

A efectos de este artículo se considerarán como terrenos inestables los siguientes:

- Suelos uniformes no cohesivos con coeficiente de uniformidad —relación de diámetros correspondientes al sesenta y diez por ciento (60% y 10%), en peso— inferior a dos ( $d_{60}/d_{10} < 2$ ) por debajo del nivel de agua.
- Suelos flojos no cohesivos con índice de densidad inferior a cero con treinta y cinco (0,35).
- Suelos blandos con resistencia al corte no drenada inferior a quince kilopascales ( $T_{fu} < 15$  kPa).

Se entiende como diámetro nominal, de un pilote de sección circular, el diámetro medio de la perforación realizada en la zona superior del pilote. Se considera como zona superior del pilote la que va desde su extremo superior hasta tres (3) diámetros por debajo del mismo.

Los diámetros nominales normalmente utilizados son los siguientes (expresados en milímetros): 450, 500, 550, 650, 750, 850, 1.000, 1.250, 1.500, 1.800, 2.000, 2.200 y 2.500.

Este artículo sólo se refiere a pilotes con diámetros nominales superiores a los trescientos cincuenta milímetros (350 mm).

## 671.2. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

### 671.2.1. Hormigón

Se cumplirán las prescripciones de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) así como las de la vigente Instrucción para la Recepción de Cementos. Por otra parte además de lo indicado en este apartado se estará a lo dispuesto en el artículo 610, «Hormigones» de este Pliego.

Los hormigones para pilotes hormigonados «in situ» deberán cumplir, salvo indicación en contra del Proyecto, los siguientes requisitos:

- El tamaño máximo del árido no excederá de treinta y dos milímetros (32 mm) o de un cuarto (1/4) de la separación entre redondos longitudinales, eligiéndose la menor de ambas dimensiones.
- El contenido de cemento será mayor de trescientos cincuenta kilogramos por metro cúbico (350 kg/m<sup>3</sup>) y se recomienda utilizar al menos cuatrocientos kilogramos por metro cúbico (400 kg/m<sup>3</sup>). El conjunto de partículas finas en el hormigón —comprendido el cemento y otros materiales finos— deberá estar comprendido entre cuatrocientos kilogramos por metro cúbico (400 kg/m<sup>3</sup>) y quinientos cincuenta kilogramos por metro cúbico (550 kg/m<sup>3</sup>).
- La relación agua/cemento y el empleo de aditivos en su caso se determinará según la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), debiendo contar con la aprobación del Director de las Obras.
- La resistencia característica mínima del hormigón será la indicada en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras y nunca inferior a lo especificado en la EHE.
- Los valores de consistencia para el hormigón fresco, según la metodología de colocación, estarán en los siguientes intervalos:

Asiento en cono de Abrams UNE 83313 A (mm)	Condiciones de puesta en obra
$5 \leq A < 10$	Colocación en perforaciones permanentemente entubadas o en perforaciones en seco no entubadas de diámetro $\geq 600$ mm.
	Cuando la cota de hormigonado quede por debajo de un entubado provisional.
	Cuando la armadura existente esté muy espaciada, de tal forma que el hormigón pueda evolucionar libremente entre las barras.

Asiento en cono de Abrams UNE 83313 A (mm)	Condiciones de puesta en obra
$10 \leq A < 15$	<p>Cuando la armadura no esté suficientemente espaciada.</p> <p>Cuando la cota de descabezado se encuentre en un entubado provisional.</p> <p>Cuando la perforación del pilote es en seco y su diámetro sea menor que seiscientos milímetros (600 mm).</p>
$15 \leq A \leq 20$	Cuando el hormigón se coloque en condiciones de inmersión mediante tubo-tremie o bombeo.

- No ser atacable por el terreno circundante o por el agua.

### 671.2.2. Armaduras

Se estará a lo dispuesto al respecto en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) así como en el artículo 600, «Armaduras pasivas a emplear en hormigón estructural», de este Pliego y en UNE 36068.

Los diámetros mínimos de las armaduras longitudinales serán de doce milímetros (12 mm).

La armadura longitudinal mínima será de cinco (5) barras de doce milímetros (12 mm) y en todo caso, la relación mínima del área de la armadura con relación al área nominal del pilote, será la siguiente:

Sección nominal del pilote $A_c$	Área de refuerzo longitudinal $A_s$
$A_c \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,5\% A_c$
$0,5 \text{ m}^2 < A_c \leq 1 \text{ m}^2$	$A_s \geq 25 \text{ cm}^2$
$A_c \geq 1 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,25\% A_c$

En el Proyecto se establecerán las medidas necesarias para dotar de rigidez a las jaulas.

La separación entre las barras longitudinales deberá ser la mayor posible, para asegurar un correcto flujo del hormigón, pero no excederá los doscientos milímetros (200 mm).

Cuando los pilotes se hormigonen en condiciones sumergidas, la distancia mínima de separación entre las barras verticales de una alineación, no deberá ser menor de cien milímetros (100 mm).

La distancia mínima de separación entre barras de una misma alineación concéntrica podrá

ser reducida a tres (3) veces el diámetro de una barra (o su equivalente) si se cumplen las siguientes condiciones:

- Se utiliza una mezcla de hormigón muy fluida y diámetro máximo del árido no superior a la cuarta parte (1/4) de la separación entre barras.
- Los pilotes son hormigonados en condiciones secas.

La mínima distancia entre las barras de las eventuales diferentes alineaciones concéntricas será mayor o igual que el diámetro de la barra.

En ningún caso la separación entre barras longitudinales será inferior a veinte milímetros (20 mm), salvo en la zona de solape de las barras, donde podrá ser reducida.

Los diámetros de las barras transversales para cercos o armaduras helicoidales serán superiores a seis milímetros (6 mm) y mayores que un cuarto (1/4) del diámetro máximo de las barras longitudinales.

La armadura transversal deberá adaptarse, con precisión, alrededor de la armadura longitudinal principal, y estará unida a ella mediante medios adecuados.

Cuando el esfuerzo cortante en el pilote exceda la mitad (1/2) de la resistencia a cortante del hormigón deberán disponerse los cercos de acuerdo con la normativa vigente.

Respecto a las prescripciones a adoptar al respecto de las acciones sísmicas se estará en todo caso a lo dispuesto en la Norma de Construcción Sismorresistente, o normativa que en su caso la sustituya.

En todos aquellos pilotes que se ejecuten en zonas donde sea obligatoria la aplicación de dicha Norma, y sin perjuicio de lo establecido en la misma deberá disponerse armadura en toda la longitud del pilote (o refuerzo equivalente en el hormigón con fibras metálicas u otros dispositivos similares), con una cuantía o resistencia a flexión equivalente a la que proporciona la armadura mínima.

En aquellos casos en los que no fuese obligatoria la aplicación de dicha Norma podrá disponerse la armadura en sólo parte del pilote, siempre que se justifique que esa armadura (o refuerzo equivalente, en el sentido antes citado) absorbe todos los esfuerzos de flexión procedentes de acciones estáticas exteriores, derivadas de excentricidades, etc.

### 671.2.2.1. Recubrimiento

El recubrimiento de hormigón para la armadura se establecerá de acuerdo con lo especificado en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

El recubrimiento mínimo se incrementará a setenta y cinco milímetros (75 mm) cuando:

- El pilote se ejecute en terreno blando y se construya sin entubar.
- Se coloque el hormigón en condiciones sumergidas, con un tamaño máximo de árido de veinticinco milímetros (25 mm).
- La armadura se instale después de la colocación del hormigón.
- La perforación tenga las superficies irregulares.

El recubrimiento de hormigón se podrá reducir a cuarenta milímetros (40 mm), si se utiliza un encamisado o forro permanente.

### 671.2.3. Fluidos de estabilización

#### 671.2.3.1. Suspensiones de bentonita

La bentonita usada como lodo de estabilización deberá cumplir los siguientes requisitos:

- El porcentaje de partículas de tamaño mayor de ochenta micras ( $80 \mu$ ) no será superior a cinco (5).
- El contenido de humedad no será superior al quince por ciento (15%).
- Límite líquido (LL) mayor del trescientos por ciento (300%).
- Los fluidos no deberán presentar, en cantidad significativa, componentes químicos, dañinos para el hormigón o la armadura.

Las propiedades de los lodos bentoníticos deberán ser al menos las siguientes:

	Fresco	Listo para reemplazo	Antes de hormigonar
Densidad ( $\text{kg/m}^3$ )	< 1,1	< 1.200	< 1.150*
Viscosidad en Cono Marsh (s)	32 a 50	32 a 60	32 a 50
Filtrado ( $\text{cm}^3$ )	< 30	< 50	—
Contenido de arena en peso (%)	—	—	< 3%**
pH	7 a 11	7 a 11	7 a 11

Conforme a UNE EN 1536

\* Un valor de densidad de hasta mil doscientos kilogramos por metro cúbico ( $1.200 \text{ kg/m}^3$ ) se podrá considerar válido para antes de hormigonar en casos especiales, tales como presencia de agua salada o barro espeso.

\*\* El contenido definitivo de arena será fijado por el Director de las Obras, en función del tipo de terreno atravesado.

### 671.2.3.2. Polímeros y otras suspensiones

Otras suspensiones conteniendo polímeros, polímeros con bentonita en aditivo u otras arcillas pueden ser usadas como lodos de estabilización en base a la experiencia de:

- Casos previos, en condiciones geotécnicas similares o peores.
- Excavaciones de ensayo a escala natural «in situ».

Las suspensiones deberán ser preparadas, mantenidas y controladas de acuerdo con la normativa o prescripciones vigentes, o en caso de no

ser aplicables, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Los polímeros deberán cumplir la tabla de propiedades dada en 671.2.3.1, para los lodos bentoníticos salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras.

### 671.3. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Además de lo indicado en este apartado se estará a lo dispuesto en el artículo 630, «Obras de hormigón en masa o armado» de este Pliego.

El equipo necesario para la ejecución de las obras ofrecerá las máximas garantías en cuanto se refiere a los extremos siguientes:



- Precisión en la ejecución de la perforación.
- Mínima perturbación del terreno.
- Continuidad de los pilotes.
- Calidad del hormigón.

#### 671.4. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

En el hormigonado de los pilotes se pondrá el mayor cuidado en conseguir que el pilote quede, en toda su longitud, con su sección completa, sin vacíos, bolsas de aire o agua, coqueas, cortes, ni estrangulamientos.

También se deberán evitar el deslavado y segregación del hormigón fresco.

En los pilotes de entubación cerrada, ésta se limpiará, de modo que no quede tierra, agua, ni objeto o sustancia que pueda producir disminución en la resistencia del hormigón. Lo mismo se hará con los pilotes de entubación abierta con tapón o azuche perdidos.

En los demás tipos de pilotes de entubación abierta, se procederá, inmediatamente antes del comienzo del hormigonado, a una limpieza muy cuidadosa del fondo del taladro. Sin embargo, si la sedimentación en dicho fondo rebasase los cinco centímetros (5 cm), se echará en el mismo un volumen de gravilla muy limpia y de graduación uniforme, sin nada de arena, equivalente a unos quince centímetros (15 cm) de altura dentro del taladro construido. Esta gravilla formará un apoyo firme para el pilote, absorbiendo en sus huecos la capa de fango que haya sido imposible limpiar.

Una vez que el hormigonado haya comenzado, el tubo-tremie deberá estar siempre inmerso en, por lo menos, tres metros (3 m) de hormigón fresco. En caso de conocerse con precisión el nivel de hormigón la profundidad mínima de inmersión podrá reducirse a dos metros (2 m).

Las armaduras longitudinales se suspenderán a una distancia máxima de veinte centímetros (20 cm) respecto al fondo de la perforación y se dispondrán bien centradas y sujetas.

Durante el hormigonado de los pilotes de entubación recuperable, se irá elevando dicha entubación de modo que quede siempre un tapón de hormigón en el fondo de la misma, del orden de dos (2) diámetros, que impida la entrada del terreno circundante.

En los pilotes de entubación recuperable el hormigonado se hará bien en seco, o bien con el tubo inundado lleno de agua, debiendo elegir el Director de las Obras uno u otro procedimiento según la naturaleza del terreno. Si se hormigona con el tubo inundado, el hormigón se colocará en obra por medio de tubo-tremie, bomba o cualquier artificio que impida su deslavado.

El tubo-tremie deberá colocarse en el fondo del pilote al comienzo del hormigonado, y después se izará ligeramente, sin exceder un valor equivalente al diámetro del tubo.

La colocación del hormigón bajo agua o lodos estabilizadores debe realizarse por medio de tubo-tremie, al objeto de evitar la segregación, lavado y contaminación del hormigón.

Si el hormigonado se hace con agua en el tubo, se hormigonará la cabeza del pilote hasta una cota al menos treinta centímetros (30 cm) por encima de la indicada en Proyecto y se demolerá posteriormente este exceso por estar constituido por lechada deslavada que refluye por encima del hormigón colocado. Si al efectuar dicha demolición se observa que los treinta centímetros (30 cm) no han sido suficientes para eliminar todo el hormigón deslavado y de mala calidad, se proseguirá la demolición hasta sanear completamente la cabeza, reemplazando el hormigón demolido por hormigón nuevo, bien adherido al anterior.

El hormigonado de un pilote se hará en todo caso, sin interrupción; de modo que, entre la introducción de dos (2) masas sucesivas, no pase tiempo suficiente para la iniciación del fraguado. Si, por alguna avería o accidente, esta prescripción no se cumpliera, el Director de las Obras decidirá si el pilote puede considerarse válido y terminarse, o no. En el caso de que se interrumpa el hormigonado bajo agua, no se aceptará el pilote salvo que, con la aceptación explícita del Director de las Obras, se arbitren medidas para su recuperación y terminación, así como para la comprobación de su correcta ejecución y funcionamiento. El pilote que haya sido rechazado por el motivo indicado, habrá de ser rellenado, sin embargo, en toda su longitud abierta en el terreno. La parte de relleno, después de rechazado el pilote, podrá ejecutarse con hormigón de relleno cuya resistencia característica mínima a compresión sea de doce megapascuales y medio (12,5 MPa) a veintiocho días (28 d). Su ejecución se hará con los mismos cuidados que si se tratara de un pilote que hubiera de ser sometido a cargas.

El Contratista confeccionará un parte de trabajo de cada pilote, en el que figurarán, al menos:



- La fecha y hora de comienzo y fin de la introducción de la entubación.
- La profundidad total alcanzada por la entubación y por el taladro.
- La profundidad hasta la que se ha introducido la armadura, y la longitud y constitución de la misma.
- La profundidad del nivel de la superficie del agua en el taladro al comienzo del hormigonado.
- La utilización o no de trépano, indicando en su caso profundidad, peso y tiempo de empleo.
- La relación volumen de hormigón-altura alcanzada.
- La fecha y hora del comienzo y terminación del mismo.

En el caso de pilotes excavados, se registrará la calidad y espesor de los estratos atravesados y se tomarán muestras del terreno, en la forma y con la frecuencia que ordenen el Proyecto o el Director de las Obras.

Sobre alguno de los pilotes de prueba, o bien sobre cualquiera de los de trabajo, se efectuarán las pruebas de carga y los ensayos sísmicos, de impedancia mecánica o cualquier otro previsto en el Proyecto u ordenado por el Director de las Obras.

En el caso de pilote aislado bajo un pilar se recomienda equipar todos los pilotes para su posible comprobación, y llevar a cabo pruebas del tipo señalado en, al menos, un (1) pilote de cada tres (3).

Si los resultados de los ensayos sísmicos o de impedancia mecánica revelaran posibles anomalías, el Director de las Obras podrá ordenar bien la comprobación del diseño teórico del pilote, bien la comprobación de la continuidad del pilote mediante sondeos, de cuya interpretación podrá establecer:

- La realización de prueba de carga.
- La necesidad de reparación del pilote.
- El rechazo del pilote.

En el caso de realizar pruebas de carga, si éstas produjesen asentamientos excesivos y se demostrase que ello se debía a defecto del pilote, por causas imputables al Contratista, el Director de las Obras podrá ordenar la ejecución, a cargo del Contratista, de nuevas series de control sobre tres (3) pilotes, por cada pilote defectuoso encontrado. En el caso de realizar pruebas de carga suplementarias, se aplicará sobre el pilote una carga máxima del

ciento veinticinco por ciento (125%) de la de trabajo. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras, definirán los criterios a seguir para la aceptación o rechazo de la cimentación a la vista de los resultados de los ensayos de carga o de cualquier otra comprobación que se realice.

### 671.5. Tolerancias

Los pilotes se construirán con los siguientes rangos de tolerancias:

- a) La excentricidad del eje del pilote respecto a la posición fijada, será inferior a diez centímetros (10 cm) para pilotes de diámetro no superior a un metro (1 m) y a la décima (1/10) parte del diámetro en caso contrario, pero siempre inferior a quince centímetros (15 cm).
- b) Para pilotes verticales o con pendiente superior a quince (15V:1H) el error de inclinación no excederá el dos por ciento (2%) del valor de la pendiente.
- c) Para pilotes inclinados con pendientes comprendidas entre quince (15V:1H) y cuatro (4V:1H) el error de inclinación no excederá del cuatro por ciento (4%) del valor de la pendiente.

### 671.6. Medición y abono

Las cimentaciones por pilotes moldeados «*in situ*» se abonarán por metros (m) de pilote realmente ejecutados medidos en el terreno como suma de las longitudes de cada uno de ellos, desde la punta hasta la cara inferior del encepado.

En caso de que existan causas que lo justifiquen, podrá abonarse el exceso de hormigón consumido sobre el volumen teórico correspondiente al diámetro nominal del pilote, siempre que ello se haya hecho constar expresamente en el Proyecto.

Las pruebas de carga previstas en Proyecto se abonarán a los precios unitarios establecidos en el mismo.

No se abonarán:

- Las pruebas de carga en los pilotes de trabajo, si se realizan por dudas en su validez, como consecuencia de un trabajo defec-

tuoso, o por causas que sean imputables al Contratista.

- Los ensayos de nuevas series de control ordenados por el Director de las Obras como consecuencia de haber encontrado pilotes defectuosos.
- El exceso de hormigón en las cabezas de los pilotes hormigonados con agua en el tubo.
- La demolición de la cabeza del pilote, por incluirse dentro del precio del propio pilote.

- Los pilotes rechazados o defectuosos.

#### **Normas de referencia en el artículo 671**

UNE 36068 Barras corrugadas de acero soldable para armaduras de hormigón armado.

UNE 83313 Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams.

UNE EN 1536 Ejecución de trabajos especiales de geotecnia. Pilotes perforados.

# 672. *Pantallas continuas de hormigón armado moldeadas in situ* (\*)

## 672.1. Definición

Se definen como pantallas continuas de hormigón armado moldeadas «in situ», los elementos contruidos mediante la perforación en el terreno de zanjas profundas y alargadas, sin necesidad de entibaciones, y su relleno posterior de hormigón, constituyendo una estructura continua.

Normalmente, la pantalla será capaz de resistir el vaciado del terreno por uno de sus lados así como la aplicación de cargas verticales sobre ella.

Se excluyen expresamente de este artículo las pantallas de impermeabilización o estanqueidad, cuyos requisitos de impermeabilidad, deformabilidad, resistencia y soporte de cargas son distintas de las aquí contempladas.

Si las características del terreno lo exigen, la perforación de la zanja se realizará empleando lodos tixotrópicos como medio para mantener estables las paredes de la perforación. La ejecución de la pantalla se efectúa por paneles independientes e incluye generalmente las operaciones siguientes:

- Operaciones previas.
- Construcción de muretes guía.
- Perforación de zanjas, con empleo eventual de lodos tixotrópicos.
- Colocación de encofrados de juntas entre paneles.
- Colocación de armaduras.
- Hormigonado de paneles.
- Extracción de encofrados de juntas.
- Demolición de cabezas de paneles.
- Ejecución de la viga de atado de paneles.
- Excavación (o vaciado) del terreno al abrigo de la pantalla.

- Regularización y limpieza superficial del paramento visto de la pantalla, de acuerdo con lo previsto en el Proyecto.

También se incluye en esta unidad la ejecución de los apoyos provisionales o definitivos, tales como apuntalamientos, anclajes, banquetas, etc., necesarios para garantizar la estabilidad de la pantalla durante y después de las excavaciones que se hayan previsto.

## 672.2. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

### 672.2.1. Hormigón

Se cumplirán las prescripciones de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE). Por otra parte, además de lo dispuesto en este apartado se estará a lo indicado en el artículo 610 «Hormigones» de este Pliego.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

La consistencia del hormigón fresco, justo antes de hormigonar, debe corresponder a un cono de Abrams determinado según UNE 83313 comprendido entre dieciséis y veinte centímetros (16 y 20 cm).

La relación agua/cemento y el empleo y de aditivos en su caso se determinará según la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), debiendo contar con la aprobación del Director de las Obras.

### 672.2.1.1. Áridos

A fin de evitar que se produzca segregación, la granulometría de los áridos deben ser continua con el adecuado contenido de finos según la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

El porcentaje de arena, en los áridos, debe ser superior al cuarenta por ciento (40%) en peso.

El conjunto de partículas finas en el hormigón (comprendido el cemento u otros materiales finos) deberá estar entre cuatrocientos kilogramos por metro cúbico (400 kg/m<sup>3</sup>) y quinientos cincuenta kilogramos por metro cúbico (550 kg/m<sup>3</sup>).

La dimensión máxima de los áridos no deberá sobrepasar el menor de los dos valores siguientes: treinta y dos milímetros (32 mm) o un cuarto (1/4) del espaciamiento entre las barras de armado longitudinales.

### 672.2.1.2. Cemento

El contenido de cemento será mayor o igual que trescientos veinticinco kilogramos por metro cúbico (325 kg/m<sup>3</sup>) para hormigón vertido en seco, o mayor o igual que trescientos setenta y cinco kilogramos por metro cúbico (375 kg/m<sup>3</sup>) para hormigonado sumergido.

La elección del cemento deberá tener en cuenta la agresividad del terreno y del agua.

### 672.2.1.3. Aditivos

Para obtener las propiedades necesarias de puesta en obra del hormigón mediante tubería sumergida se podrán utilizar aditivos con los siguientes condicionantes:

- Reductores de agua y plastificantes, incluidos los superplastificantes, con el fin de

evitar el rezume o segregación que podría resultar por una elevada proporción de agua.

- Retardadores de fraguado que permitan prolongar la trabajabilidad necesaria del hormigonado y hormigonar los paneles sin interrupción.

## 672.2.2. Armaduras

Las barras de acero utilizadas como armadura de las pantallas deberán cumplir las prescripciones de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), del artículo 600, «Armaduras pasivas a emplear en hormigón estructural» de este Pliego, y de UNE 36068.

Las jaulas de armadura deberán ser concebidas, una vez conocidos los condicionantes de la obra y las solicitudes a la que van a estar sometidas. En particular, deberán presentar una rigidez suficiente durante las fases de montaje y hormigonado. En esta última, deberán permitir el flujo del hormigón fresco, sin que las armaduras constituyan obstáculo en el discurrir del hormigón.

### 672.2.2.1. Armaduras verticales

Las armaduras verticales deberán tener un diámetro igual o superior a doce milímetros (12 mm), debiendo haber un mínimo de tres (3) barras por metro de longitud, en cada lado de la jaula de armadura.

El espaciamiento horizontal libre, paralelamente al plano de pantalla, entre barras o grupo de barras, deberá ser superior o igual a cien milímetros (100 mm). Esta cifra podrá reducirse a ochenta milímetros (80 mm) en caso de paneles fuertemente armados, siempre que el tamaño máximo del árido sea de veinte milímetros (20 mm) o inferior.

Cuando la jaula de armadura esté compuesta por varios elementos verticales, la unión entre barras deberá efectuarse por solape o por acoplamiento.

En el caso de solape será necesario efectuar soldaduras, u otro procedimiento adecuado, que permita garantizar que no se produzcan deslizamientos entre las barras durante las operaciones de manipulación y colocación de las armaduras en su emplazamiento definitivo.

### 672.2.2.2. Armaduras horizontales

Las armaduras horizontales se deberán colocar de tal manera que eviten movimientos en la armadura vertical y habiliten un espacio adecuado para las columnas de hormigonado.

El espaciamiento vertical libre entre armaduras horizontales deberá ser superior o igual a doscientos milímetros (200 mm). Esta cantidad, se podrá reducir localmente a cien milímetros (100 mm) en aquellos casos en que la armadura horizontal sea elevada.

El espaciamiento horizontal libre entre armaduras transversales deberá ser superior o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm). Se recomienda un espaciamiento mínimo de doscientos milímetros (200 mm) para facilitar el movimiento del hormigón.

### 672.2.2.3. Paneles con varias jaulas de armadura

La distancia mínima libre entre dos jaulas de un mismo panel deberá ser de doscientos milímetros (200 mm).

La distancia mínima libre entre el extremo de una jaula y una junta deberá ser de cien milímetros (100 mm).

### 672.2.3. Recubrimientos

El recubrimiento de hormigón para la armadura se establecerá de acuerdo con lo especificado en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Se deberán colocar centradores para asegurar que el recubrimiento mínimo exigido se respeta. Estos centradores podrán estar constituidos bien por tubos verticales, bien por dispositivos puntuales, cuyo tamaño deberá adaptarse a las características del suelo.

Para las obras permanentes, los centradores deberán ser de un material diferente del acero y deberán presentar un nivel de supervivencia al menos igual al del hormigón, salvo que los mismos se retiren durante el hormigonado.

### 672.2.4. Anclajes estabilizadores de la pantalla

Cuando se utilice este tipo de apoyo lateral de la pantalla, se estará a lo dispuesto en el ar-

tículo 675, «Anclajes» de este Pliego. En el Proyecto vendrán definidas las siguientes características:

- Tipo estructural de anclaje, indicando si es activo o pasivo.
- Modo de anclaje: por bulbo, inyectado, por placa terminal, por casquillo, etc.
- Si es provisional o definitivo.
- Carga de servicio y coeficiente de seguridad con respecto a la rotura.
- Variación admisible de la carga, en servicio.
- Deformación máxima admisible, en servicio.
- Protección contra la corrosión, para anclajes permanentes.
- Operaciones adicionales que debe permitir el anclaje, tales como: reinyección, retesado, recuperación de la cabeza, comprobación de tesado, etc.
- Longitud mínima libre de anclaje, entre cabeza y bulbo, por razones de proyecto.
- Longitud estimada del bulbo o zona de anclaje.
- Otras características de interés especial para la obra.

Antes de la ejecución de los anclajes, el Director de las Obras deberá aprobar las características que no hayan sido definidas en el Proyecto. Asimismo el Contratista deberá presentar la documentación técnica que acredite suficientemente el buen comportamiento del anclaje.

Una vez cumplimentado este requisito, se comprobará mediante ensayos «in situ» que los anclajes cumplen las condiciones de resistencia y deformabilidad requeridas.

### 672.2.5. Fluidos de excavación

#### 672.2.5.1. Bentonita

La bentonita se utiliza en los fluidos de excavación como componente de los lodos bentoníticos y como aditivo de los lodos de polímeros.

La bentonita es una arcilla cuyo mineral constitutivo principal es la montmorillonita.

La bentonita utilizada como fluido de perforación deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Contenido de partículas con tamaño superior a ochenta micras ( $80 \mu\text{m}$ ) no superior al cinco por ciento (5%).
- Contenido de humedad menor del quince por ciento (15%).
- Límite líquido (LL) mayor del trescientos por ciento (300%).
- No debe contener cantidades significativas de productos químicos nocivos para las armaduras y el hormigón.

La composición química y mineralógica debe ser suministrada por el proveedor.

### 672.2.5.2. Lodos bentoníticos

Los lodos bentoníticos deberán satisfacer los siguientes requisitos:

	Fresco	Listo para reemplazo	Antes de hormigonar
Densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	< 1.100	< 1.200	< 1.150
Viscosidad en cono Marsh (s)	32 a 50	32 a 60	32 a 50
Filtrado ( $\text{cm}^3$ )	< 30	< 50	—
pH	7 a 11	7 a 11	—
Contenido de arena en peso (%)	—	—	< 3%*
Cake (mm)	< 3	< 6	—

\* El contenido definitivo de arena será fijado por el Director de las Obras, en función del tipo de terreno atravesado.

Se podrán variar los valores recogidos en el cuadro anterior en ciertos casos, como por ejemplo:

- Terrenos con alta permeabilidad, susceptibles de provocar pérdida de lodo.
- Terrenos muy blandos.
- Agua de mar.

### 672.2.5.3. Polímeros

Los polímeros podrán ser usados como fluidos de excavación, en algunas circunstancias con adición de bentonita, en función de:

- Experiencias anteriores en suelos parecidos o en condiciones geotécnicas peores.
- Ejecución de ensayos a escala natural en la propia obra.
- Adelantos técnicos futuros en estos materiales.

## 672.3. Ejecución

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 672.3.1. Equipo necesario para la ejecución de las obras

El equipo necesario para la ejecución de las obras deberá ofrecer las máximas garantías en cuanto se refiere a los extremos siguientes:

- Fabricación, almacenamiento y regeneración de lodos.
- Precisión en la excavación de la zanja.
- Mínima perturbación del terreno.
- Continuidad geométrica de la pantalla.
- Correcta colocación de armaduras.
- Fabricación y puesta en obra del hormigón.
- Adecuada disposición y ejecución de los apoyos provisionales y definitivos.

Antes de la iniciación de los trabajos, el Contratista demostrará, a satisfacción del Director de las Obras, que el equipo propuesto es adecuado en relación con los aspectos citados.

### 672.3.2. Operaciones previas

Para la construcción de la pantalla se dispondrá una superficie de trabajo sensiblemente horizontal, libre de obstáculos y de anchura suficiente para el trabajo de la maquinaria. El nivel freático deberá quedar a una profundidad míni-

ma del orden de un metro y medio (1,5 m) por debajo del terreno ; si esta condición no se cumple, se construirá una terraplén, con la altura necesaria y un grado de compactación no inferior al del terreno natural. La superficie de trabajo estará convenientemente drenada para evitar encharcamientos en periodos lluviosos.

Antes de proceder a la perforación de la pantalla, deberán ser desviadas todas las conducciones aéreas que afecten al área de trabajo. Igualmente, deberán ser eliminados o modificados todos los elementos enterrados, tales como canalizaciones, raíces, restos de cimentaciones, etc., que interfieran directamente los trabajos, y también aquellos que, por su proximidad, puedan afectar a la estabilidad del terreno durante la perforación de la pantalla. Asimismo, cuando dicha perforación pueda comprometer la estabilidad de edificaciones contiguas, se efectuarán los oportunos apuntalamientos o recalces.

Establecida la plataforma de trabajo, deberá efectuarse, en primer lugar, el trabajo de replanteo, situando el eje de la pantalla y puntos de nivelación para determinar las cotas de ejecución.

### 672.3.3. Muretes guía

Los muretes guía tienen como finalidad garantizar la correcta alineación de la pantalla hormigonada, guiar los útiles de excavación, evitar cualquier desprendimiento de terreno de la zanja en la zona de fluctuación del fluido de excavación, así como servir de soporte para las jaulas de armadura, elementos prefabricados u otros a introducir en la excavación hasta que endurezca el hormigón. Los muretes guía deberán poder resistir los esfuerzos producidos por la extracción de los encofrados de juntas.

Los muretes guía deberán ser normalmente de hormigón armado y construidos «in situ». Su profundidad, normalmente comprendida entre medio metro y metro y medio (0,5 y 1,5 m), dependerá de las condiciones del terreno.

Los muretes guía deberán permitir que se respeten las tolerancias especificadas para los paneles de pantalla.

Será recomendable apuntalar los muretes guía hasta la excavación del panel correspondiente.

La distancia entre muretes guía deberá ser entre veinte y cincuenta milímetros (20 y 50 mm) superior al espesor de proyecto de la pantalla.

En caso de pantallas poligonales o de forma irregular, podrá ser necesario aumentar la distancia entre muretes guía.

Salvo indicación en contra del Director de las Obras, la parte superior de los muretes guía será horizontal, y estará a la misma cota a cada lado de la zanja.

## 672.3.4. Preparación del fluido de excavación

### 672.3.4.1. Fórmula de trabajo

Antes de iniciarse los trabajos, el Contratista someterá a la aprobación del Director de las Obras los detalles relativos a la dosificación del lodo fresco, teniendo en cuenta lo especificado en el apartado 672.2.5 de este artículo, indicando al menos, los siguientes datos:

- Tipo y características del material básico utilizado para la fabricación del lodo.
- Aditivos previstos y características de los mismos.
- Dosificación ponderal de los materiales.
- Filtrado y espesor del residuo o «cake» obtenido en la filtro prensa.
- Peso específico del lodo.
- Viscosidad media en el cono Marsh.
- pH.
- Peso específico mínimo que deberá tener el lodo durante la perforación, según las características de los terrenos atravesados y la posición del nivel freático.

### 672.3.4.2. Fabricación

En la mezcla del material o materiales secos con el agua, deberán emplearse medios energéticos adecuados para la completa dispersión de los mismos y la obtención de una mezcla uniforme. Asimismo, el lodo de perforación deberá ser almacenado al menos veinticuatro horas (24 h) antes de su empleo, para su completa hidratación, salvo que el empleo de dispersantes permita reducir dicho plazo.

Para garantizar la seguridad y calidad del trabajo frente a posibles pérdidas de lodo debidas a filtraciones o fugas en el terreno, se deberá disponer en todo momento de un volumen adicio-



nal de lodo, en condiciones de utilización, igual al volumen total de las zanjas excavadas y no hormigonadas. Existirá asimismo en obra una cantidad de material y un suministro de agua suficientes para fabricar inmediatamente un volumen análogo de lodo.

### 672.3.5. Control del fluido de excavación

Con objeto de comprobar que se cumplen los requisitos establecidos en el apartado 672.2.5 de este artículo y controlar la calidad de la ejecución se efectuarán durante la obra determinaciones periódicas de las siguientes características del lodo:

- Viscosidad en cono Marsh.
- pH.
- Densidad.

Además, inmediatamente antes de la colocación de encofrados laterales y armaduras, se comprobará el material retenido en el tamiz 0,080 UNE.

La determinación del pH en laboratorio se realizará mediante aparato medidor. Para las determinaciones en obra bastará el empleo de papel indicador de pH.

### 672.3.6. Excavación de la zanja

Con el fin de asegurar la estabilidad de las paredes de la zanja, ésta debe ser excavada al abrigo de un fluido de excavación.

La excavación en seco, sin ayuda de fluido, podrá ser utilizada en algunos terrenos coherentes o en roca, si éstos presentan una resistencia suficiente para garantizar el mantenimiento de las paredes de la zanja. En los terrenos en los que no se disponga de experiencia similar, se aconseja realizar una excavación de prueba.

Se registrará la calidad y espesor de los estratos atravesados, y se tomarán muestras del terreno en la forma y con la frecuencia que indiquen el Proyecto o el Director de las Obras.

#### 672.3.6.1. Nivel de fluido de excavación

El nivel del fluido de excavación deberá estar, por lo menos, medio metro (0,5 m) por en-

cima del nivel correspondiente a la estabilidad de la zanja. Deberá estar, asimismo, por lo menos un metro (1 m) por encima del nivel piezométrico más elevado, bien sea natural o rebajado mediante bombeo, de las capas interceptadas por la excavación o situadas en las proximidades. Igualmente, deberá permanecer por encima de los pies de los muretes guía, a menos que el terreno de apoyo de éstos no presente riesgo de erosión.

#### 672.3.6.2. Pérdida del fluido de excavación

Cuando durante la excavación se produzca una pérdida importante y repentina de fluido, se deberá rellenar, inmediatamente, la zanja de fluido, añadiendo, eventualmente, materiales colmatantes. Si esto no fuera posible o resultase insuficiente, se debería entonces rellenar la zanja con un material que posteriormente pueda ser excavado (hormigón pobre u otro material adecuado).

En las situaciones que presenten riesgo de pérdida de fluido de excavación (por ejemplo suelos muy permeables o cavidades) se deberá prever una reserva de fluido de excavación posiblemente superior al indicado en el apartado 672.3.4 de este artículo e incluso eventualmente, colmatantes.

#### 672.3.6.3. Limpieza de la excavación

Justo antes de colocar los elementos del panel (encofrados de juntas, jaulas de armaduras y paneles prefabricados) el fondo de la excavación deberá ser limpiado, y en caso necesario, el fluido de excavación deberá ser tratado (proceso de desarenado) o bien reemplazado. En caso de lodo bentonítico deberán respetarse las propiedades especificadas en el apartado 672.2.5.2 de este artículo para antes de hormigonar.

La duración entre el final de la limpieza de la excavación y el comienzo del hormigonado de los paneles deberá ser inferior a cinco horas (5 h). Cuando ésto no pueda ser respetado (por ejemplo en el caso de jaulas de armaduras complejas), será necesario asegurarse, por lo menos cinco horas (5 h) antes de hormigonar, que se respetan las propiedades del fluido de excavación antes del hormigonado.

### 672.3.7. Realización de juntas

Las juntas se realizarán generalmente utilizando encofrados de acero o de hormigón.

En los casos más sencillos (ausencia de agua, terreno fácil de excavar sin peligro de desviación, profundidad escasa, etc.) las juntas se podrán hacer raspando el extremo del panel adyacente.

Los encofrados de las juntas deberán ser rígidos y rectilíneos. Las desviaciones, tanto en la dirección longitudinal como en la transversal, respecto a su posición vertical no deberán sobrepasar un valor de más menos 1 por 100 ( $\pm 1\%$ ) de la profundidad total.

Cuando las juntas se extraigan verticalmente, esta operación deberá realizarse de acuerdo con el proceso del hormigonado.

Cuando las juntas se extraigan lateralmente, esta operación deberá efectuarse una vez finalizada la excavación del panel adyacente.

### 672.3.8. Colocación de armaduras u otros elementos

Las jaulas de armadura no deberán colocarse en el fondo de la excavación sino que deberán ser suspendidas de los muretes guía.

Se recomienda dejar, entre la jaula y el fondo de la excavación, una distancia mínima de veinte centímetros (20 cm).

### 672.3.9. Hormigonado

Cuando se utilice un fluido de excavación, se deberá colocar el hormigón mediante el sistema Tremie.

El tubo-tremie deberá estar limpio y ser estanco.

Su diámetro interior deberá ser superior o igual a quince centímetros (15 cm) y a seis (6) veces el tamaño máximo de los áridos. Su diámetro exterior no deberá ser superior a un medio (1/2) de la anchura de la pantalla hormigonada, no armada, y de cero con ocho (0,8) veces la anchura interior de la jaula de armadura para la pantalla de hormigón armado.

El número de tubos-tremie a utilizar en un mismo panel deberá ser determinado de tal manera que se limite el recorrido horizontal del hormigón a partir de cada tubo. En condiciones nor-

males, el recorrido horizontal del hormigón se deberá limitar a dos con cinco metros (2,5 m).

Asimismo, se recomienda utilizar al menos un tubo-tremie por jaula de armadura.

Para empezar el hormigonado, el tubo-tremie deberá colocarse sobre el fondo de la zanja y después levantarlo de diez a veinte centímetros (10 a 20 cm).

Una vez que el hormigonado haya comenzado, el tubo-tremie deberá estar siempre inmerso en, por lo menos, tres metros (3 m) de hormigón fresco. En caso de conocer con precisión el nivel de hormigón la profundidad mínima de inmersión podrá reducirse a dos metros (2 m).

La velocidad media de ascenso del hormigón, considerada sobre la altura total de la pantalla, no deberá ser inferior a tres metros por hora (3 m/h).

El hormigonado deberá realizarse sin interrupción, debiendo, el hormigón que circula, hacerlo dentro de un periodo de tiempo equivalente al setenta y cinco por ciento (75%) del de comienzo de fraguado. Cuando se prevea un periodo mayor deberán utilizarse retardadores de fraguado.

Al poder ser la calidad del hormigón, en su parte superior, peor, deberá colocarse una cantidad adicional, excedentaria, de hormigón en el panel de manera que se puedan garantizar las propiedades prescritas para el hormigón situado por debajo del nivel de descabezamiento previsto en Proyecto.

### 672.3.10. Viga de atado de paneles

Una vez terminada la ejecución de los paneles se demolerá la cabeza de los mismos en una profundidad suficiente para eliminar el hormigón contaminado por el lodo tixotrópico, y se construirá la viga de atado prevista en el Proyecto. Previamente se prolongarán las armaduras verticales de la pantalla en todo el canto de la viga de atado, enlazándolas con las armaduras longitudinales y transversales de ésta.

### 672.3.11. Tolerancias

#### 672.3.11.1. Paneles

Para las pantallas de sostenimiento, la tolerancia de implantación de los paneles hormigón-

nados «in situ», definida al nivel de los muretes-guía, y en el lado a excavar, será de veinte milímetros (20 mm) en la dirección de la excavación principal y de cincuenta milímetros (50 mm) en la dirección opuesta.

La tolerancia de verticalidad de los paneles será del uno por ciento (1%) de la profundidad total excavada. Cuando el terreno presente bultos y obstáculos, esta tolerancia podrá ser aumentada, previa autorización del Director de las Obras.

La tolerancia, considerando el plano de la cara excavada, de los paneles hormigonados deberá ser inferior a cien milímetros (100 mm) en caso de protuberancias, e inferior a veinte milímetros (20 mm) en caso de agujeros. En el caso de protuberancias, podrá aceptarse un valor superior al indicado cuando el suelo contenga elementos de tamaño superior a cien milímetros (100 mm).

El «tecleo», o deslizamiento perpendicular a la superficie vista, entre dos paneles adyacentes deberá estar comprendido en un intervalo compatible con el buen funcionamiento de la pantalla.

El «tecleo» entre superficies contiguas de la junta no deberá ser mayor de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

La anchura y la profundidad de la excavación no deberán ser en ningún caso inferiores a los valores recogidos en Proyecto.

La tolerancia en la longitud del panel no será superior a cincuenta milímetros (50 mm).

### 672.3.11.2. Jaulas de armadura

La longitud total de la jaula de armadura deberá ser igual a la recogida en Proyecto, más menos diez milímetros ( $\pm 10$  mm).

Las cotas de los elementos singulares, tales como empalmes, armaduras de espera, refuerzos para zonas de anclajes, deberán ser iguales, después del hormigonado, a los valores de Proyecto más menos setenta milímetros ( $\pm 70$  mm).

La cota de la parte superior de la jaula deberá ser igual, después de hormigonar, al valor de Proyecto más menos cincuenta milímetros ( $\pm 50$  mm).

La posición horizontal de la jaula, siguiendo el eje de pantalla, deberá ser igual, después de hormigonar, al valor de Proyecto más menos setenta milímetros ( $\pm 70$  mm).

### 672.3.12. Excavación del terreno adyacente a la pantalla

Los trabajos de excavación del terreno adyacente a la pantalla se ajustarán al plan de excavación establecido en el proyecto o, en su defecto, fijado por el Director de las Obras, con objeto de que las solicitudes inducidas en los diversos elementos de la obra no excedan de las admisibles.

Dicho plan incluirá los siguientes puntos:

- Dimensiones y cotas de la excavación.
- Arriostramientos provisionales y definitivos.
- Secuencia de todos los trabajos.
- Intervalos mínimos y máximos a respetar entre el final de un trabajo y el comienzo del siguiente.

Durante los trabajos de excavación del terreno adyacente, se controlará el comportamiento de la pantalla y se tomarán las medidas oportunas.

### 672.4. Medición y abono

Las excavaciones se abonarán por metros cúbicos ( $m^3$ ), deducidos de los planos, multiplicando la superficie de pantalla afectada por el espesor teórico de la misma. La profundidad de la pantalla se medirá desde el plano de trabajo hasta la profundidad teórica de las armaduras más veinte centímetros (20 cm). La longitud se medirá horizontalmente.

El hormigón se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ) según volumen teórico, incluyendo los veinte centímetros (20 cm) de exceso en profundidad, sin ser causa de abono otro tipo de excesos. Podrá abonarse por metros cúbicos ( $m^3$ ) de volumen real si así lo indica expresamente el Proyecto.

Las armaduras de acero se medirán y abonarán según se especifica en el artículo 600, «Armaduras pasivas a emplear en hormigón estructural» de este Pliego.

Las vigas de atado se medirán y abonarán según se especifica en el artículo 630, «Obras de hormigón en masa o armado» de este Pliego.

Los anclajes se medirán y abonarán según se especifica en el artículo 675, «Anclajes» de este Pliego.

La limpieza superficial del paramento visto de la pantalla se abonará por metros cuadrados ( $m^2$ ) de paramento visto, medidos sobre planos, cuan-

do este trabajo esté previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

No serán abonables las operaciones de preparación de la plataforma de trabajo, ejecución de muretes-guía, demolición de cabezas de paneles, apeos provisionales de la pantalla, regularización del paramento visto de la pantalla, ni cualquier otra operación para la que no se haya establecido criterio de medición y abono.

### **Normas de referencia en el artículo 672**

UNE 36068 Barras corrugadas de acero soldable para armaduras de hormigón armado.

UNE 83313 Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams.

UNE EN 1538 Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Muros pantalla.

# 673. *Tablestacados metálicos* (\*)

## 673.1. Definición

Se definen como tablestacados metálicos las paredes formadas por tablestacas metálicas que se hincan en el terreno, para constituir, debidamente enlazadas, pantallas de impermeabilización o resistencia, con carácter provisional o definitivo.

Se entiende por pantalla de tablestacas combinada la compuesta por elementos primarios y secundarios. Los elementos primarios están formados normalmente por pilotes metálicos, situados en el terreno a intervalos equidistantes. Los elementos secundarios son generalmente perfiles metálicos de tablestaca, que se disponen en el espacio intermedio entre los elementos primarios.

## 673.2. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

## 673.2.1. *Tablestacas metálicas*

### 673.2.1.1. Condiciones generales

Las tablestacas serán perfiles laminados de acero al carbono sin aleación especial, cuya resistencia característica a tracción será superior a trescientos cuarenta megapascales (340 MPa) u otra superior que determine el Proyecto.

El acero utilizado deberá permitir el empleo de soldadura eléctrica.

En el caso de reutilización de tablestacas deberá comprobarse que cumplen las especificaciones referentes al tipo, tamaño y calidad del acero definidos en el Proyecto.

Las tablestacas que se hubieran torcido por cualquier causa, se enderezarán, de modo que su flecha máxima, respecto a la recta definida por sus dos (2) extremos, no sea mayor que un doscientosavo (1/200) de su longitud.

El estado de las pestañas de unión de unas tablestacas con otras deberá ser aceptable ; y permitirá su enhebrado sin ninguna dificultad, produciendo una unión sólida y estanca.

En caso de utilizarse materiales de sellado, para reducir la permeabilidad de las uniones entre tablestacas, éstos deberán cumplir las especificaciones definidas en Proyecto. Salvo que se disponga de experiencia previa contrastada, o de ensayos representativos sobre modelo del método a utilizar para el sellado de las uniones entre tablestacas, deberá comprobarse, mediante ensayos adecuados sobre tramos de unión sellados, que el método propuesto cumple los requisitos de impermeabilización de la pantalla de tablestacas especificados en Proyecto.

(\*) Artículo modificado por la OM FOM 1382/2002.

### 673.2.1.2. Forma y dimensiones

Los perfiles y peso de las tablestacas serán los que figuren en Proyecto, admitiéndose, para su longitud, unas tolerancias de veinte centímetros (20 cm) en más y de cinco centímetros (5 cm) en menos.

El corte de las tablestacas a su longitud debida se efectuará por medio de sierra o soplete.

### 673.3. Equipo necesario para la ejecución de las obras

La hincada de las tablestacas podrá efectuarse por medio de mazas de golpear (lentas o rápidas, de simple o doble efecto), a presión o mediante aparatos vibradores adecuados.

En el caso de mazas de simple efecto, el peso de la maza propiamente dicha no será inferior a la cuarta parte (1/4) del peso de la tablestaca si se hincan las tablestacas de una en una, o a la mitad (1/2) del peso de la misma si se hincan por parejas. La energía cinética desarrollada en cada golpe, por las mazas de doble efecto, será superior a la producida, también en cada golpe, por la de simple efecto especificada, cayendo desde una altura de sesenta centímetros (60 cm).

Las mazas deberán ser guiadas en todo su recorrido por un dispositivo de guía aprobado por el Director de las Obras.

### 673.4. Ejecución de las obras

El manejo y almacenamiento de las tablestacas se realizará de tal manera que garantice la seguridad de las personas e instalaciones. Deberá asegurarse asimismo que no se provoquen daños significativos en la geometría, elementos de unión o revestimiento de las tablestacas.

Las tablestacas de dimensiones o características diferentes deberán almacenarse de forma separada e identificarse adecuadamente.

Para definir la forma de almacenamiento, número de tablestacas por apilamiento y disposición de los soportes se tendrá en cuenta la longitud y rigidez de éstas, con el fin de evitar que se produzcan daños en las mismas.

En los almacenamientos de tablestacas con tratamientos superficiales, se dispondrán separadores entre cada tablestaca.

Cualquier variación en las características de las tablestacas definidas en Proyecto (variación de longitud, aumento de resistencia, etc.), deberá ser aprobada por el Director de las Obras.

Se dispondrán guías para las tablestacas, que pueden consistir en una doble fila de tablones, o piezas de madera de mayor sección, colocados a poca altura del suelo, de forma que el eje de hueco intermedio coincida con el de la pantalla de tablestacas a construir. Esta doble fila de tablones estará sólidamente sujeta y apuntalada al terreno, y la distancia entre sus caras interiores no excederá del espesor de la pared de tablestacas en más de dos centímetros (2 cm).

Las cabezas de las tablestacas hincadas por percusión deberán estar protegidas por medio de sombreretes o sufrideras adecuados, para evitar su deformación por los golpes. En su parte inferior, las ranuras de las pestañas de unión de unas tablestacas con otras se protegerán, en lo posible, de la introducción de terreno en la misma (lo que dificultaría el enhebrado de las tablestacas que se hincan a continuación), tapando el extremo de la mencionada ranura con un roblón, clavo, tornillo, o cualquier pieza análoga alojada, pero no ajustada en dicho extremo de forma que permanezca en su sitio durante la hincada, pero que pueda ser fácilmente expulsada por otra tablestaca que se enhebre en la ranura y llegue a mayor profundidad. Salvo especificación del Proyecto o, en su defecto del Director de las Obras, no se tomará ninguna precaución especial para asegurar la estanqueidad de las juntas.

La hincada de las tablestacas se continuará hasta alcanzar la penetración mínima en terreno firme estipulada en Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

Terminada la hincada, se cortarán, si es preciso, las tablestacas, de manera que sus cabezas queden alineadas según el perfil definido en Proyecto, y se construirá, si procede, la viga de arriostamiento.

Los empalmes de tablestacas se efectuarán con trozos de longitud apropiada, que se unirán por soldadura, de forma que el ángulo de las dos partes soldadas no sea superior a tres grados sexagesimales (3E), en cualquier dirección.

Las ayudas a la hincada, tales como lanza de agua, preperforación o lubricación de juntas, serán utilizadas únicamente con el consentimiento por escrito del Director de las Obras.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 673.5. Tolerancias

Salvo especificación en contra del Proyecto, la posición y verticalidad de las pantallas de tablestacas, una vez colocadas deberá cumplir las tolerancias definidas a continuación:

Tipo de pantalla	Descripción	Posición de la cabeza de la tablestaca (mm)	Verticalidad <sup>2</sup> del metro superior en todas las direcciones (%)
Pantalla de tablestacas <sup>6</sup>	En tierra	≤ 75 <sup>1</sup>	≤ 1,0 <sup>3</sup>
	Sobre agua	≤ 100 <sup>1</sup>	≤ 1,5 <sup>3</sup>
Pantalla combinada <sup>7</sup>	Pilotes primarios	≤ 20 <sup>4, 5</sup>	≤ 0,5 <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Perpendicular a la pantalla.

<sup>2</sup> Si la dirección del eje de las tablestacas definida en el proyecto difiera de la vertical, las tolerancias especificadas en la tabla deberán tomarse con relación a esa dirección.

<sup>3</sup> En suelos difíciles se considerará el límite del 2%, salvo especificación en contra del Proyecto.

<sup>4</sup> En todas las direcciones horizontales.

<sup>5</sup> El Proyecto o el Director de las Obras podrán modificar estos valores, en cada caso, dependiendo de la longitud, tipo y número de los elementos de tablestaca intermedios, y de las condiciones del suelo, con el fin de reducir al máximo el riesgo de desenherrado.

<sup>6</sup> Excluidas las tablestacas planas.

<sup>7</sup> En tierra y sobre agua.

Si la cota del pie de las tablestacas o pilotes primarios difiere, una vez hincados, en más de doscientos cincuenta milímetros (250 mm) de la especificada en Proyecto, deberá informarse al Director de las Obras y se estará a lo que éste determine.

Si las cabezas de las tablestacas difieren, una vez hincadas, en más de cincuenta milímetros (50 mm) del nivel especificado en Proyecto, las tablestacas deben cortarse al nivel adecuado, con una precisión de veinte milímetros (20 mm).

Los sistemas de medida utilizados para controlar la posición e inclinación de las tablestacas deben estar en concordancia con la precisión buscada en cada caso y ser aprobados por el Director de las Obras.

### 673.6. Requerimientos especiales

Si el Proyecto plantea condicionantes estrictos en relación con la impermeabilidad de las tablestacas, previamente a su ejecución deberá presentarse al Director de las Obras, para su aprobación, un informe con una descripción de-

tallada de todas las actividades, materiales y procedimientos y ensayos previstos, a efectos de garantizar la misma.

Si existen estructuras o instalaciones sensibles en el entorno de la obra, debe verificarse mediante pruebas de hincas o por experiencias previas, la seguridad de éstas.

### 673.7. Medición y abono

Los tablestacados metálicos se abonarán por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados, medidos en el terreno después de proceder, en su caso, a la operación de enrase.

El abono de los empalmes, por soldadura, de las tablestacas se considerará incluido en el precio del tablestacado, salvo que se especifique lo contrario en el Proyecto.

Si las tablestacas tuvieran que ser hincadas a mayor profundidad de la estipulada en Proyecto, hasta un exceso del cincuenta por ciento (50%), el Contratista no podrá reclamar variación de los precios unitarios del Contrato por este concepto.



# 675. Anclajes (\*)

## 675.1. Definición

**Anclaje:** Dispositivo capaz de transmitir una carga de tracción, aplicable sobre el mismo, a una zona del terreno capaz de soportar dicho esfuerzo.

El dispositivo se compone, básicamente, de:

- Cabeza: Parte del anclaje que transmite el esfuerzo de tracción de la armadura a la placa de reparto o a la estructura.
- Armadura: Parte longitudinal, en general barra o cable, del anclaje que, trabajando a tracción, está destinada a transmitir la carga desde la cabeza hasta el terreno. Se divide a su vez en:
  - Longitud libre: Longitud de la armadura comprendida entre la cabeza del anclaje y el extremo superior de la longitud fija o bulbo.
  - Bulbo o longitud fija: zona del anclaje destinada a transmitir la carga del anclaje al terreno, en general mediante una lechada.

Por su forma de trabajar, los anclajes se clasifican en:

- Anclaje pasivo: Aquel que entra en tracción por sí solo, al oponerse la cabeza al movimiento del terreno inestable o de la estructura.
- Anclaje activo: Aquel cuya armadura, una vez instalado, se pretensa hasta la carga de proyecto que puede coincidir con la carga

última de trabajo o ser sólo una fracción de ésta.

En función de la vida útil, los anclajes se clasifican en:

- Anclajes temporales: Aquellos cuya vida útil no es superior a dos (2) años.
- Anclajes permanentes: Aquellos cuya vida útil se considera superior a dos (2) años.

## 675.2. Materiales y productos

La conexión entre el anclaje y la estructura deberá ser capaz de acoplarse a las deformaciones previstas a lo largo de la vida del anclaje.

El conjunto de materiales utilizados deberán ser compatibles entre sí. Esta condición adquiere particular importancia entre materiales que se encuentren en contacto directo. Las características de los materiales no serán susceptibles de sufrir modificación durante la vida del anclaje.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

(\*) Artículo incorporado por la OC de 326/2000 y, posteriormente, por la OM FOM 1382/2002.

### 675.2.1. Armadura

Deberá estar a lo especificado en los artículos 240 «Barras corrugadas para hormigón estructural», 243 «Alambres para hormigón pretensado», 244 «Cordones de dos (2) o tres (3) alambres para hormigón pretensado» y 245 «Cordones de siete (7) alambres para hormigón pretensado», de este pliego, así como en UNE 36068 o UNE 36094 según el caso.

Otros materiales podrán ser utilizados, únicamente si su adecuación a los anclajes está suficientemente comprobada, además de necesitar el consentimiento explícito del Proyecto o del Director de las Obras.

### 675.2.2. Cabeza de anclaje

La cabeza de anclaje deberá permitir la puesta en carga de la armadura, soportar la tensión de prueba, la tensión de bloqueo y, si fuera necesario, un relajamiento y una nueva puesta en carga en tensión. Deberá ser capaz de soportar el cien por cien (100%) de las características de tensión de la armadura.

Deberá estar proyectada para permitir desviaciones angulares de la armadura, con respecto a la dirección normal a la cabeza, de tres grados sexagesimales (3E) al noventa y siete por ciento (97%) de la resistencia característica ( $f_{pk}$ ) de la armadura.

Deberá transmitir la carga de la armadura a la estructura principal o al terreno a través de elementos de acero u hormigón convenientemente proyectados.

### 675.2.3. Manguitos para empalme de armaduras

Los manguitos no deberán disminuir la resistencia a tracción de la armadura.

Será necesario que la armadura no lleve manguito alguno en la zona de bulbo.

No deberán modificar la protección contra la corrosión, ni el movimiento libre de la longitud de alargamiento.

### 675.2.4. Bulbo de anclaje

Con el fin de anclar con la longitud de bulbo necesaria se deberán utilizar, salvo prescripción

en contra del Proyecto o del Director de las Obras, armaduras perfiladas o nervadas.

Los aceros de pretensado, que tengan una superficie lisa, sólo podrán ser utilizados, si se anclan mediante la ayuda de dispositivos de anclaje especiales. Esto deberá venir fijado en Proyecto o ser aceptado por el Director de las Obras, y se deberá comprobar su validez mediante un ensayo previo.

Cuando se utilicen longitudes de bulbo inferiores a tres metros (3 m), para transmitir tensiones de bloqueo superiores a trescientos kilonewton (300 kN), la idoneidad de la lechada de sellado deberá ser confirmada por ensayos previos.

### 675.2.5. Separadores y otros elementos colocados en la perforación

Todas las vainas instaladas deberán disponer de un recubrimiento mínimo de diez milímetros (10 mm) de lechada en la pared del orificio de perforación.

A fin de garantizar, en el orificio de perforación, un posicionamiento correcto de las armaduras, de sus componentes, de los elementos de protección contra la corrosión o de cualquier otro elemento, se deberán colocar separadores o centradores de manera que se respeten las exigencias de recubrimiento mínimo de la lechada. Estos separadores no deberán interferir en la inyección de la lechada.

La concepción de los centradores deberá tener en cuenta la forma de la perforación, posibles acampanamientos en la misma, y la susceptibilidad del terreno a ser dañado durante la inserción de la armadura.

### 675.2.6. Lechada de cemento y aditivos

Cuando la lechada de cemento se utilice para sellar la armadura a la vaina, será conveniente que la relación agua/cemento no exceda un valor de cero con cuatro (0,4), para minimizar el agua libre.

Las relaciones agua/cemento, para las lechadas de los bulbos, se deberán elegir en concordancia a las propiedades del terreno, y su rango de variación deberá encontrarse en el intervalo de cero con cuatro a cero con seis (0,4 a 0,6).

Con el acero de pretensado únicamente podrán utilizarse aquéllos cementos y adiciones en su caso, que especifique la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Los cementos, que no corroan ni dañen a los aceros de pretensado podrán ser utilizados en la inyección de lechada en armaduras pretensadas.

Deberá tenerse en cuenta la agresividad del medio, a la hora de elegir el tipo de cemento para las lechadas en contacto con el terreno circundante.

Podrán utilizarse aditivos para mejorar la manejabilidad, reducir el agua libre o la retracción y para aumentar el desarrollo de las resistencias.

El uso de aditivos con aceros de pretensado deberá realizarse de acuerdo con la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) y previa aprobación del Director de las Obras. Los aditivos no deberán presentar elementos susceptibles de dañar los aceros de pretensado o la misma lechada.

Será conveniente realizar, ensayos de laboratorio e «in situ», con el fin de verificar el comportamiento de la mezcla.

### 675.2.7. Resinas

Las resinas y morteros de resina podrán utilizarse en la ejecución de anclajes, en lugar de las lechadas de cemento.

La resina propuesta para la ejecución de anclajes deberá recibir el visto bueno del Director de las Obras.

Será conveniente realizar, ensayos de laboratorio e «in situ», con el fin de verificar el comportamiento de la mezcla.

### 675.2.8. Protección contra la corrosión

Considerando que no existe ningún procedimiento exacto para definir, con una precisión suficiente, los condicionantes de corrosión, para poder predecir la evolución de esta última a lo largo del tiempo, todos los elementos de acero de un anclaje, puestos directa o indirectamente en tensión, deberán protegerse contra la corrosión durante su vida útil. Los elementos de protección deberán ser capaces de transmitir las solicitaciones aplicadas a la armadura del anclaje, cuando sea necesario.

El tipo de protección contra la corrosión vendrá dado por la vida útil prevista para el anclaje.

### 675.2.8.1. Anclajes temporales

Los elementos de acero de un anclaje provisional deberán tener una barrera de protección que impida la corrosión durante una duración mínima de dos (2) años.

En caso de prolongar temporalmente la vida de un anclaje provisional, o bien que el anclaje se coloque en un terreno con agresividad corrosiva, se deberán tomar medidas suplementarias para proteger todos los componentes del anclaje de la corrosión, las cuáles deberán tener el visto bueno del Director de las Obras.

El Proyecto especificará los sistemas concretos de protección temporal a utilizar así como los requisitos a cumplir por los mismos.

### 675.2.8.2. Anclajes permanentes

Todos los elementos de acero de un anclaje permanente que sean inaccesibles deberán cumplir alguno de los siguientes requisitos:

- Dos (2) barreras anticorrosión, a fin de que si una de ellas se daña durante la instalación la otra permanezca intacta.
- Una (1) sola barrera anticorrosión, cuya integridad deberá ser demostrada bien mediante ensayo del sistema de ejecución del anclaje o bien mediante comprobación de cada anclaje después de su instalación.

Todo sistema de anclaje, cuya experiencia sobre la idoneidad del mismo esté suficientemente documentada, podrá utilizarse bajo la aprobación del Director de las Obras.

El Proyecto especificará los sistemas concretos de protección permanente a utilizar así como los requisitos a cumplir por los mismos.

### 675.2.9. Componentes y materiales utilizados comúnmente como protección contra la corrosión

#### 675.2.9.1. Vainas y conductos plásticos

Las vainas y conductos plásticos deberán cumplir las prescripciones de las normas concer-

nientes a estos materiales. En particular deberán ser continuas, estancas a la humedad y resistentes a los rayos ultravioleta durante la duración de su almacenaje. Las juntas de los elementos plásticos deberán estar selladas herméticamente por contacto directo mediante producto de estanqueidad, de tal manera que se impida el paso de la humedad.

El espesor mínimo de pared de una vaina exterior corrugada, común a una o más armaduras deberá ser de:

- Un milímetro (1 mm) para un diámetro interno inferior a ochenta milímetros (80 mm).
- Un milímetro y medio (1,5 mm) para un diámetro interno comprendido entre ochenta y ciento veinte milímetros (80 y 120 mm), ambos inclusive.
- Dos milímetros (2 mm) para un diámetro interno superior a ciento veinte milímetros (120 mm).

El espesor mínimo de pared de una vaina exterior lisa, deberá ser superior en un milímetro (1 mm) a la requerida para los tubos corrugados o bien deberá estar reforzada, en proporción equivalente.

El espesor mínimo de pared para una vaina interior lisa deberá ser de un milímetro (1 mm), y en el caso de vaina de corrugada de cero con ocho milímetros (0,8 mm).

Para transferir las cargas, los conductos de plástico deberán ser nervados o corrugados, salvo indicación justificada en contra del Proyecto o del Director de las Obras. La amplitud y la frecuencia de las corrugas deberá estar relacionada con el espesor de la pared, debiendo ser capaces de transferir las cargas sin presentar deslizamiento.

### 675.2.9.2. Manguitos termo-retráctiles

Se podrán utilizar manguitos termorretráctiles para encapsular los componentes de protección contra la corrosión que recubren la superficie de un elemento de acero.

El calentamiento de la vaina termorretráctil deberá realizarse de tal manera que las otras vainas o tubos de plástico no resulten quemadas ni deformadas por reblandecimiento.

El porcentaje de retracción deberá ser suficiente para prevenir cualquier aparición de agu-

jeros a largo plazo. El espesor de la pared de los manguitos, después de la retracción, no deberá ser inferior a un milímetro (1 mm).

### 675.2.9.3. Dispositivos de estanqueidad

Las juntas mecánicas deberán estar selladas con juntas tóricas, juntas de estanqueidad o manguitos termorretráctiles.

La junta, o cualquier otro dispositivo equivalente deberá prevenir cualquier fuga del relleno o cualquier penetración de agua desde el exterior, sea cual sea el movimiento relativo entre los elementos considerados.

### 675.2.9.4. Lechadas de cemento

Se considerará como protección temporal y/o permanente la inyección de lechada de cemento en los taladros de perforación, con la condición de que el recubrimiento del anclaje no sea inferior a diez milímetros (10 mm) en toda su longitud, debiendo comprobarse que en cualquier condición de carga del anclaje el ancho de las fisuras no excede de cero con un milímetros (0,1 mm).

Se podrá realizar una de las dos barreras de protección por inyección de una lechada de cemento denso, convenientemente controlado, con la condición de que el espesor de recubrimiento entre la armadura y la segunda barrera no sea inferior a cinco milímetros (5 mm) y con la condición de haber comprobado que la anchura de cualquier fisura, producida en condiciones de carga normales, no sea superior a cero con un milímetros (0,1 mm).

El reparto de fisuras y de sus anchuras puede, en ciertas condiciones, depender de la posición de las corrugas del tendón.

### 675.2.9.5. Resina

Las lechadas a base de resina inyectada, o colocadas de manera controlada, se podrán utilizar como barrera de protección permanente siempre que se obtenga un recubrimiento mínimo del tendón de cinco milímetros (5 mm), estén cerradas, no sufran contracciones y no presenten fisuras.

### 675.2.9.6. Productos para la protección contra la corrosión

Podrán ser utilizados, como protección contra la corrosión, productos derivados del petróleo (ceras) y de grasas. El Proyecto incluirá explícitamente las condiciones y criterios de aceptación a exigir a este tipo de productos.

Estos productos no deberán ser oxidables y serán resistentes a los ataques de bacterias y microorganismos.

Los productos de protección contra la corrosión, utilizados como barreras permanentes, deberán estar encerrados en una vaina resistente, estanca a la humedad y cerrada por una caperuza no susceptible a la corrosión. En estas circunstancias, estos productos podrán utilizarse igualmente para rellenar cavidades y para servir como lubricantes e impedir la presencia de gas o agua.

### 675.2.9.7. Tubos y caperuzas metálicas

Se podrán utilizar piezas metálicas como barreras permanentes contra la corrosión siempre que éstas estén convenientemente protegidas externamente. Este tipo de protección podrá obtenerse con lechadas de cemento denso, con hormigón, con galvanización en caliente o con la aplicación de varias capas de materiales de revestimiento, siempre que vengan indicadas en Proyecto o el Director de las Obras haya dado explícitamente su visto bueno.

Cuando dichas piezas estén sometidas a tensión durante el proceso de carga, sólo podrán ser consideradas barreras contra la corrosión si se comprueba su validez mediante ensayos.

## 675.3. Ejecución

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 675.3.1. Perforación

Los taladros para la colocación de los anclajes se perforarán de acuerdo con los diámetros,

profundidades y posicionamiento indicados en los planos, salvo especificación en contra del Director de las Obras.

El diámetro de la perforación deberá asegurar el recubrimiento especificado de lechada a lo largo de la longitud del bulbo.

El método de perforación deberá ser seleccionado en función de las propiedades del suelo con el objetivo de evitar alteraciones en el mismo, salvo aquellas que puedan ser consideradas como necesarias para movilizar la resistencia de cálculo del anclaje.

Los fluidos de perforación, y los eventuales aditivos, no deberán presentar efectos adversos sobre la armadura, sobre su protección o sobre la lechada.

Los procedimientos para contrarrestar la presión de agua y de evitar surgencias, derrumbe del taladro o erosión durante las operaciones de perforación, puesta en obra e inyección deben ser determinados con antelación y aplicados cuando sean necesarios.

El proceso de perforación se deberá realizar de tal manera que cualquier variación en las características del terreno que hayan servido de base en el diseño del anclaje pueda ser detectada inmediatamente.

La perforación de cada taladro deberá reflejarse en un parte, en el cual, se recogerán los datos referentes a la clase de terreno, espesor de las capas, etc. ; de tal manera que si se producen variaciones con relación a lo previsto se puedan detectar y comunicar al Director de las Obras. En estos partes se incluirán, asimismo, las pérdidas de fluido de perforación y las posibles incidencias durante el avance.

### 675.3.2. Fabricación, transporte, almacenaje y puesta en obra

#### 675.3.2.1. Fabricación, transporte y almacenaje

Durante el proceso de fabricación y almacenaje, los anclajes y sus componentes deberán conservarse en un ambiente seco y limpio de elementos que puedan dañar a las armaduras o las vainas de protección, como agua, aceites, grasas o efectos térmicos. Las armaduras deberán estar perfectamente libres de óxido.

Durante la manipulación del anclaje se prestará especial cuidado en no retorcerlo y en evitar

excesivas curvaturas que pudieran dañar o desorganizar su ensamblaje, evitando, asimismo, dañar los centradores-separadores y los medios de protección contra la corrosión.

En el caso de que la armadura tenga cables engrasados se deberá prestar especial atención a la limpieza de los mismos en la zona de adherencia.

La utilización de disolventes se deberá realizar con precaución, comprobando en cada caso que los disolventes no presentan agresividad en contacto directo con los componentes del anclaje.

Los centradores y separadores de la armadura deberán quedar sólidamente sujetos a la misma. El espaciamiento de los centradores dependerá fundamentalmente de la rigidez de la armadura y de su peso por unidad de longitud.

Las armaduras se deberán inspeccionar antes de su introducción en el taladro, con el objetivo de poder reparar, antes de su colocación, cualquier daño que pudieran presentar.

Durante la carga, transporte y puesta en obra de los anclajes se deberán tomar las precauciones necesarias para no deformarlos o dañar sus componentes y elementos de protección contra la corrosión.

Antes de proceder a la puesta en obra se considera conveniente proceder a chequear el estado de la perforación y la ausencia de posibles obstrucciones en la misma.

Los intervalos de tiempo que requieran las diferentes operaciones en la ejecución de un anclaje se deberán determinar en función de las propiedades del terreno, tendiendo, en cualquier caso, a intervalos lo más cortos posibles.

### 675.3.2.2. Inyección

Todas las operaciones de inyección, tales como sistema de inyección, volúmenes, presiones, etc., se consignarán en un parte de trabajo.

La composición de las mezclas de inyección dependerá de la naturaleza del suelo.

En presencia de suelos agresivos se deberán utilizar cementos resistentes a los mismos.

La preinyección, en caso de ser necesaria, se realizará, en general, rellenando la perforación mediante lechada de cemento. Las lechadas de arena/cemento se utilizarán generalmente en rocas o en suelos cohesivos fuertemente consolidadas que presenten fisuras parcialmente rellenas o abiertas, y en suelos no cohesivos permeables para reducir la pérdida de lechada.

Las inyecciones químicas, cuyo uso se encuentra fuera de la práctica normal, en caso de utilizarse, deberán verificar que no contienen elementos que puedan dañar al anclaje.

#### 675.3.2.2.1. Inyección del anclaje

Se deberá proceder a inyectar lo más pronto posible una vez colocado el anclaje en el taladro.

La boca del conjunto de inyección deberá permanecer siempre sumergida en la lechada durante todo el proceso de inyección, debiendo proseguirse la inyección hasta que la consistencia de la lechada emergente sea similar a la de la lechada inyectada.

El proceso de inyección se deberá realizar siempre desde la zona más baja a inyectar hacia arriba, y no deberá interrumpirse una vez iniciado el proceso. El método empleado deberá asegurar la eliminación del aire y del agua para conseguir rellenar íntegramente el taladro.

Cuando esté prevista una inyección repetitiva o una reinyección se deberá incorporar un sistema de tubos manguito.

Las inyecciones selectivas a alta presión podrán ser utilizadas para aumentar la resistencia del anclaje, por el efecto de mejora que la lechada induce en el terreno. Esta operación podrá realizarse antes o después de la colocación del anclaje.

El proceso de inyección deberá asegurar que no se transmita la fuerza del terreno al anclaje más que en la zona del bulbo.

Después de realizada la inyección no se manipulará el anclaje hasta que se alcance la resistencia característica necesaria estipulada en Proyecto. En general se considerará suficiente, para proceder al tesado del anclaje, un intervalo de tiempo de siete días (7 d) desde la finalización del proceso de inyección del mismo. Este plazo se puede reducir en función del uso de acelerantes de fraguado.

#### 675.3.2.3. Equipo y tesado de los anclajes

Los equipos de tesado deberán ser regularmente calibrados.

La operación de tesado de los anclajes se deberá hacer preferentemente en una sola operación. Los equipos que apliquen una sollicitación individual, no simultánea por cada cable debe-



rán equiparse con un dispositivo de medida permanente para poder calcular la tensión total aplicada al anclaje durante el tesado.

La secuencia del proceso de tesado de los anclajes se deberá especificar antes del inicio de los trabajos.

Durante los ensayos y fases de tesado de los anclajes se deberá asegurar que no se produce ningún deterioro en la integridad de los mismos.

## 675.4. Ensayos, vigilancia y control

Se consideran tres tipos de ensayos:

- Ensayos de investigación.
- Ensayos de adecuación o idoneidad.
- Ensayos de aceptación.

Los métodos de puesta en carga serán los recogidos en NLT 257 y 258.

Durante los períodos de mantenimiento de la tensión, cuando se determine la fluencia, la precisión de las medidas deberá ser de cinco centésimas de milímetro (0,05 mm). Cuando no se mida la fluencia la precisión requerida será de cero con cinco milímetros (0,5 mm).

La sensibilidad de los aparatos de medida de la fluencia será una centésima de milímetro (0,01 mm).

La medida de tracciones en los anclajes se deberá realizar con precisión igual o superior al dos por ciento (2%) de la tensión máxima aplicada durante cada ensayo.

La sensibilidad de los dispositivos utilizados en los ensayos de relajación de tensiones será igual o superior al cero con cinco por ciento (0,5%) de la tensión de prueba.

La tensión de referencia adoptada, con relación a la cual se miden todas las tensiones deberá ser, normalmente, un décimo de la tensión de prueba  $P_p$  ( $P_a = 0,1 P_p$ ).

Podrá tomarse una tensión de referencia superior cuando después de algunos ciclos de carga aparezcan alargamientos no esperados o excesivos de la armadura.

Si no se sobrepasarán los límites de fluencia o de pérdida de tensión, el valor máximo de la tensión de bloqueo  $P_0$  deberá limitarse a cero con seis veces la tensión característica de rotura del acero ( $P_0 \leq 0,6 P_{tk}$ ).

En los ensayos de idoneidad, y en los de aceptación, cuando se sobrepase el valor límite

de fluencia, o de pérdida de tensión, se deberá disminuir el valor de la tensión de bloqueo hasta alcanzar un valor que permita respetar el criterio de fluencia o de pérdida de tensión.

### 675.4.1. Ensayos de investigación

Los ensayos de investigación se realizarán previamente a la ejecución de los anclajes. Será recomendable realizar dichos ensayos cuando los anclajes vayan a ser realizados en terrenos cuyas propiedades no hayan sido verificadas en ensayos anteriores o cuando las tensiones, a las que van a estar sometidos, sean superiores a las adoptadas en condiciones de terreno semejantes ya conocidas.

En estas condiciones se deberá determinar:

- La resistencia del bulbo del anclaje,  $R_a$ , en el contacto terreno-lechada.
- La longitud libre aparente de la armadura,  $L_{ap}$ .
- La carga crítica de fluencia del anclaje, o las características de fluencia del anclaje a diferentes cargas hasta la rotura según NLT 258.

El procedimiento de aplicación de carga se hará de acuerdo con lo establecido por el método de ensayo utilizado.

### 675.4.2. Ensayos de adecuación o idoneidad

Antes de la ejecución de estos ensayos se deberá disponer del conjunto de resultados e interpretación de los ensayos de investigación realizados.

Los ensayos de idoneidad deberán confirmar:

- La capacidad del anclaje de soportar la tensión de prueba  $P_p$ .
- Las características de fluencia o de la pérdida de tensión del anclaje hasta la tensión de prueba  $P_p$ .
- La longitud libre aparente de la armadura,  $L_{ap}$ .

Se realizarán al menos tres (3) ensayos de idoneidad, en condiciones idénticas a los anclajes de la obra.



El procedimiento de aplicación de carga se hará de acuerdo con lo establecido por el método de ensayo utilizado.

### 675.4.3. Ensayos de aceptación

Este ensayo se deberá realizar sistemáticamente en el tesado de todos los anclajes.

Los objetivos de estos ensayos son:

- Comprobar la capacidad del anclaje de soportar la tensión de prueba,  $P_p$ .
- Determinar la longitud libre aparente de la armadura,  $L_{ap}$ .
- Confirmar las características de fluencia o pérdida de tensión en el estado límite de servicio.

El procedimiento de aplicación de la carga se hará de acuerdo con lo establecido por el método de ensayo utilizado.

### 675.5. Medición y abono

El Proyecto tipificará los anclajes a utilizar en función de su longitud y carga admisible. Cada tipo de anclaje se abonará en función de los siguientes conceptos:

- Unidad de partes fijas del anclaje, que incluirá la cabeza, placa, tesado y sistemas de protección externa (caperuzas, etc.).
- Metro (m) de anclaje realmente ejecutado, incluyendo el conjunto de operaciones y suministros necesarios para su ejecución. Esta unidad se medirá siempre desde la cara de apoyo de la cabeza de anclaje.

## 675.6. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### Normas de referencia en el artículo 675

UNE 36068 Barras corrugadas de acero soldable para armaduras de hormigón armado.

UNE 36094 Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado.

NLT 257 Ensayo de puesta en carga de un anclaje mediante ciclos incrementales para la determinación del desplazamiento por fluencia de la cabeza del anclaje.

NLT 258 Ensayo de puesta en carga de un anclaje mediante fases incrementales para la determinación del desplazamiento por fluencia de la cabeza del anclaje.

# 676. Inyecciones (\*)

## 676.1. Definición

La inyección de un terreno implica la introducción en el mismo, para reducir su grado de permeabilidad y/o mejorar sus condiciones mecánicas, de una mezcla fluida que posteriormente fragua y endurece.

En el proceso se controla indirectamente la colocación a distancia de materiales bombeables mediante el ajuste de sus propiedades reológicas y de sus parámetros de colocación (presión, volumen, caudal).

En el artículo se contemplan los siguientes tipos de inyección:

- **Impregnación:** Sustitución del agua y/o gas intersticial en un medio poroso, por una lechada inyectada a una presión suficientemente baja, que asegure que no se produzcan desplazamientos significativos de terreno.
- **Relleno de fisuras:** Inyección de lechada en las fisuras, diaclasas, fracturas o discontinuidades, en general, en formaciones rocosas.
- **Relleno de huecos:** Consiste en la colocación de una lechada, con un alto contenido de partículas, para el relleno de grandes huecos.
- **Inyección por compactación:** Consiste en un método de inyección con desplazamiento del terreno, en el cual se introduce un mortero de alta fricción interna en una masa de suelo.
- **Fracturación hidráulica:** Consiste en la inyección del terreno mediante su fracturación por lechada, con una presión por encima de su resistencia a tracción y de su

presión de confinamiento. También se denomina hidrofracturación, hidrofisuración, «hidrojacking» o «claquage».

Como procesos de inyección se contemplan los siguientes:

- **Inyección desde la boca de la perforación:** Consiste en introducir la lechada desde la boca del sondeo, obturando en la parte superior.
- **Inyecciones por fases descendentes:** Consiste en un proceso en el cual se perfora e inyecta un tramo de terreno, reperforando e inyectando a continuación el tramo inmediato inferior. También se puede aplicar este método con la colocación de obturadores, iniciándose el proceso de inyección progresivamente hacia el fondo del sondeo.
- **Inyecciones por fases ascendentes:** Se trata de un proceso de inyección por tramos sucesivos, comenzando desde la parte inferior de la zona a inyectar hasta la zona superior.
- **Inyección por fases repetitivas mediante tubos manguito:** Se trata de un procedimiento que permite tratar repetidamente, en distintas fases, un mismo punto, sin reperforación, para lo cual se perfora un taladro colocando en su interior un tubo, denominado «tubo manguito», que tiene una serie de agujeros periféricos, obturados exteriormente por manguitos de goma, que sirven de válvulas antirretorno, por los que sale la lechada. El espacio anular entre el tubo y el terreno se rellena, constituyendo lo que se denomina «gaine», con el objetivo de conseguir una obturación longitudinal continua.

(\*) Artículo incorporado por la OC de 326/2000 y, posteriormente, por la OM 1382/2002.

## 676.2. Materiales y productos

### 676.2.1. Requisitos generales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Se deberá evaluar la compatibilidad de todos los componentes de la lechada. Asimismo se deberá evaluar la interacción entre la lechada y el terreno a tratar. Una vez aprobados los materiales a utilizar no deberán modificarse, salvo autorización del Director de las Obras, previa realización de ensayos de conformidad, cuyo abono correrá a costa del Contratista.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

### 676.2.2. Materiales de inyección

#### 676.2.2.1. Conglomerantes hidráulicos

Los conglomerantes hidráulicos incluyen los cementos y productos similares que se emplean suspendidos en el agua para la preparación de las lechadas.

En la selección del conglomerante hidráulico para la lechada se deberá considerar su granulometría en relación a las dimensiones de las fisuras o huecos existentes en el terreno a tratar.

Se podrán utilizar todos los tipos de cemento que sean compatibles con la lechada y el terreno a tratar y cumplan con las prescripciones de la vigente Instrucción para la Recepción de Cementos.

El cemento a utilizar se almacenará en lugar seco, ventilado y protegido de la humedad e intemperie.

#### 676.2.2.2. Materiales arcillosos

Podrán utilizarse materiales arcillosos en las lechadas hechas a base de cemento, con el fin de

reducir la sedimentación, y variar la viscosidad y la cohesión de la lechada, consiguiéndose, además, una mejora de la bombeabilidad.

Se podrán utilizar arcillas naturales de carácter eminentemente plástico y estructura laminar, siendo conveniente el empleo de arcillas de tipo bentonítico, activadas o modificadas, por su mejor calidad en cuanto al efecto superficie de sus partículas, así como por la mayor regularidad de sus propiedades.

En todo caso deberá conocerse la mineralogía, granulometría, humedad y límite líquido del material arcilloso que se utilice.

#### 676.2.2.3. Arenas y fílleres

Las arenas y los fílleres podrán emplearse en las lechadas de cemento y en las suspensiones de arcilla como aditivos de masa o bien como productos para variar la consistencia de la lechada, mejorar su comportamiento frente a la acción del agua, su resistencia mecánica y su deformabilidad.

En general podrán utilizarse arenas naturales o gravas, fílleres calcáreos o silíceos, puzolanas y cenizas volantes siempre que se asegure que no contienen elementos perjudiciales.

#### 676.2.2.4. Agua

El agua deberá ser compatible con el cemento a emplear, debiendo realizarse ensayos del agua obtenida «in situ», para determinar el contenido de cloruros según UNE 7178, sulfatos según UNE 7131 y materia orgánica según UNE 7235 antes de su aprobación.

#### 676.2.2.5. Productos químicos y aditivos

Se podrán utilizar productos químicos tales como los silicatos y sus reactivos, resinas acrílicas y epoxi, materiales hechos a base de lignina y poliuretanos, siempre que cumplan la legislación ambiental vigente.

Se deberá considerar, a la hora de evaluar su utilización, el conjunto de reacciones que puedan producirse tanto entre los productos empleados y sus derivados, como con otros componentes de la lechada y con el suelo existente.

Los aditivos son productos orgánicos e inorgánicos que se añaden, en general en cantidades re-

ducidas, a la lechada con el objetivo de modificar sus propiedades y controlar sus parámetros, tales como viscosidad, tiempo de fraguado y estabilidad, durante el proceso de inyección, además de la resistencia, cohesión y permeabilidad una vez colocada la lechada. Como aditivos se podrán utilizar, entre otros, superplastificantes, productos para retener agua y productos para arrastrar aire.

### 676.2.3. Lechadas

Se denomina lechada a un material bombeable que se inyecta en el terreno modificando las características físicas del medio.

A efectos de este artículo las lechadas se clasifican como:

#### Suspensiones

Son las lechadas que contienen agua y productos sólidos no disueltos, pudiendo incluir también aditivos. Durante el flujo presentan el comportamiento de un fluido de Bingham.

En las suspensiones se debe tener en cuenta la tendencia que presentan los sólidos en suspensión a sedimentar (por efecto de la acción de la gravedad), y a perder agua bajo presión, lo que deberá ser considerado con relación a la naturaleza y propiedades de los materiales existentes.

A estos efectos se considerará que una suspensión es estable si cuando se coloca un litro (1 l) en un cilindro graduado, al cabo de cuatro horas (4 h), el volumen superior de agua clara que sobrenada es inferior al cuatro por ciento (4%) del volumen total.

#### Disoluciones

Las disoluciones que se emplean como lechadas se caracterizan por la ausencia de partículas sólidas, al disolverse los componentes químicos en el agua.

Se caracterizan por presentar un comportamiento de fluido newtoniano.

## 676.3. Ejecución

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 676.3.1. Perforación

El procedimiento de perforación elegido y de limpieza deberán asegurar la viabilidad del proceso de inyección futuro, en especial cuando se pueda incurrir en modificaciones de la permeabilidad de los puntos de inyección.

En el caso de inyección de un macizo rocoso se deberá tener en cuenta la disposición de los planos de estratificación, diaclasas y fracturas, debiéndose ajustar las perforaciones a la orientación y espaciamiento de las principales juntas abiertas.

Las perforaciones se realizarán de acuerdo con los ángulos, orientación y espaciamiento incluidos en el Proyecto.

No se permitirán desviaciones, con relación al eje de la perforación prevista, superiores a un tres por ciento (3%) de su longitud para profundidades de hasta veinte metros (20 m). En el caso de perforaciones más profundas la distancia entre perforaciones contiguas se deberá ajustar para tener en cuenta posibles desviaciones.

En el caso de que la inyección no se realice inmediatamente después de la perforación, se deberá proteger ésta para evitar su contaminación.

### 676.3.2. Preparación de la lechada

Los componentes de la lechada deberán almacenarse de tal manera que sus propiedades no se vean alteradas por los efectos de la climatología, en especial de la temperatura y de la humedad.

Se deberá impedir la contaminación de la lechada y de sus componentes durante el almacenaje, manipulación y entrega.

Cuando las lechadas contengan bentonita, ésta deberá hidratarse antes de su empleo en las mezclas.

La dosificación de los componentes de la lechada se deberá efectuar con dispositivos homologados, con tolerancias que no sobrepasen, en ningún caso, el cinco por ciento (5%), debiendo respetarse, para valores inferiores, el nivel de tolerancia estipulado por los fabricantes.

Se deberán utilizar procesos de batido y/o mezclados automáticos.

Los equipos de mezclado deberán seleccionarse para garantizar la homogeneidad de la muestra.

Las bombas y los equipos de inyección se deberán seleccionar de acuerdo con la técnica de inyección elegida.

La presión de inyección se medirá lo más cerca posible del punto de tratamiento.

Los sistemas de inyección deberán eliminar aumentos bruscos de presión con el objetivo de impedir la iniciación no intencionada y no detectada de fracturas hidráulicas

Las tuberías de suministro de lechada deberán ser capaces de soportar la presión máxima de bombeo con un margen suficiente de seguridad. Su diámetro deberá permitir caudales suficientemente elevados para impedir la separación de los componentes de la lechada mezclada (suspensiones).

Las tuberías de distribución para el suministro de lechadas de resina deberán ser resistentes y se limpiarán inmediatamente después de realizar la inyección.

Las suspensiones deberán agitarse hasta el momento en que se inyecte la lechada, para impedir su sedimentación.

Si se utilizan tubos manguito, el interior del tubo de inyección se deberá lavar al final de cada fase de inyección.

### 676.3.3. Colocación y secuencias de la inyección

El desarrollo de una obra de inyección es un proceso interactivo y continuo, que exige una supervisión «in situ».

El proceso de inyección se rige por:

- El volumen de lechada por fase.
- El caudal.
- La presión de inyección.
- La viscosidad de la lechada.

La elección del método de colocación de la lechada dependerá de las características del terreno, de los objetivos a conseguir con el trabajo y del tipo de lechada a emplear.

Los huecos y cavidades grandes suelen rellenarse por gravedad, bien directamente o bien mediante un tubo-tremie que alcance la base del hueco o de la cavidad.

La inyección por fases descendentes es el método clásico de inyección de rocas, en especial si se trata de macizos rocosos inestables.

La inyección por fases ascendentes se aplica en macizos rocosos estables, así como en terrenos inestables si el objetivo es una inyección de compactación.

La inyección por fases repetitivas mediante

tubos manguito tiene su campo de aplicación principal en suelos y en terrenos rocosos inestables. Esta técnica permite inyectar, en diferentes fases, sin reperforación, un mismo punto de tratamiento.

Los obturadores podrán ser pasivos, mecánicos o hidráulicos y deberán tener una longitud suficiente para minimizar el riesgo de fuga de lechada de la zona tratada, debiendo garantizar, asimismo, la estanqueidad entre la pared y el tubo de inyección cuando la presión alcance su valor máximo.

La longitud máxima de tramo de tratamiento, en macizos rocosos, no deberá sobrepasar el intervalo comprendido entre cinco y diez metros (5 y 10 m), debiendo, en caso de estar la roca alterada o fisurada, ajustarse dicho intervalo.

En suelos, la longitud máxima de tramo de tratamiento no deberá ser mayor de un metro (1 m) de longitud.

Cuando se sepa o sospeche que la inyección se va a realizar en presencia de aguas subterráneas con circulación, se deberán adoptar medidas que eviten una excesiva dilución o una pérdida total de lechada.

### 676.3.4. Supervisión y control

Siempre que sea posible se deberán utilizar sistemas informatizados para:

- El seguimiento de la perforación de los sondeos.
- La medición y control de la presión, del caudal y del volumen de las lechadas inyectadas en cada punto.

Las propiedades de la lechada se supervisarán mediante los ensayos de control que indique el Proyecto, o en su defecto mediante los que establezca el Director de las Obras, para asegurar, durante el transcurso de la inyección, el cumplimiento permanente de las características exigidas a la misma.

Las propiedades resistentes de las lechadas se determinarán mediante la realización de ensayos de compresión simple y/o de resistencia al corte.

Se deberá colocar la instrumentación recogida en el Proyecto, o en su defecto la que establezca el Director de las Obras, para efectuar el seguimiento de los movimientos del terreno y/o de las estructuras, con un nivel de precisión suficiente para asegurar que dichos movimientos

permanecen dentro de los límites de tolerancia establecidos.

Para evaluar el grado de eficacia de las inyecciones se deberán realizar los ensayos que incluya el Proyecto, o en su defecto los que establezca el Director de las Obras, con el objetivo de poder modificar el tratamiento, conforme a las directrices que adopte el Director de las Obras, frente a cualquier anomalía.

#### **676.4. Medición y abono**

Las inyecciones se abonarán por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente inyectados.

En los casos en los que el Proyecto lo contemple de manera específica el abono será por metro (m) de longitud de tratamiento.

En caso de considerarlo el Proyecto, se podrán considerar diferentes precios por metro cúbico

(m<sup>3</sup>) o por metro (m) de longitud, cuando el tratamiento afecte a distintas litologías.

Las operaciones de supervisión y control se considerarán incluidas en el precio considerado en cada caso, salvo que el Proyecto las defina de manera específica, en cuyo caso se abonarán a los precios unitarios establecidos en el mismo.

#### **Normas de referencia en el artículo 676**

UNE 7131 Determinación del contenido total de sulfatos en aguas de amasado para morteros y hormigones.

UNE 7178 Determinación de los cloruros contenidos en el agua utilizada para la fabricación de morteros y hormigones.

UNE 7235 Determinación de los aceites y grasas contenidos en el agua de amasado de morteros y hormigones.

# 677. Jet-grouting (\*)

## 677.1. Definición

El *jet-grouting* es un proceso que consiste en la desagregación del suelo (o roca poco compacta), mezclándolo, y parcialmente sustituyéndolo, por un agente cementante (normalmente cemento). La desagregación se consigue mediante un fluido con alta energía, que puede incluir el propio agente cementante.

A efectos de este artículo se considerarán los siguientes sistemas de *jet-grouting*:

**Sistema de fluido único.** Cuando la desagregación y cementación del suelo se consigue con un chorro de un único fluido a alta presión que, en general, es una lechada de cemento.

**Sistema de doble fluido (aire).** Cuando la desagregación y cementación del suelo se realiza por un fluido, normalmente lechada de cemento, asistido por un chorro de aire a presión que actúa como segundo fluido.

**Sistema de doble fluido (agua).** Cuando la desagregación del suelo se obtiene por un chorro de agua a alta presión, utilizando como segundo fluido una lechada para conseguir la cementación del suelo.

**Sistema de triple fluido.** Con este sistema la desagregación del suelo se consigue por un chorro de agua a alta presión, asistido por un chorro de aire a presión, utilizando como tercer fluido una lechada para conseguir la cementación del suelo.

## 677.2. Materiales

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental,

de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Los materiales normalmente utilizados son mezclas de agua y cemento.

En caso de contemplarlo el Proyecto, se podrán utilizar otro tipo de conglomerantes hidráulicos.

En las mezclas de agua y cemento la relación entre ambos, salvo justificación en contra, deberá estar comprendida en el intervalo entre cero con cinco y uno con cinco (0,5 y 1,5).

Se podrán utilizar aditivos para reducir el contenido de agua, o para variar la viscosidad, estabilizar o aumentar la impermeabilidad de la mezcla agua/cemento adoptada.

Además se podrán utilizar otros materiales tales como bentonita, fíller y cenizas volantes.

Si se va a emplear bentonita en la mezcla, la suspensión de agua y bentonita deberá prepararse e hidratarse totalmente antes de añadir el cemento.

El agua que se utilice deberá analizarse en caso de existir dudas de que pueda presentar efectos negativos sobre el fraguado, el endurecimiento, la durabilidad de la mezcla, y en su caso, en la armadura.

El cemento que se utilice deberá cumplir las prescripciones de la Instrucción para la Recepción de Cementos.

Si se utilizan armaduras para reforzar los elementos tratados, éstas deberán cumplir lo dispuesto en el artículo 240, «Barras corrugadas para hormigón estructural», de este Pliego y en UNE 36068.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE. En particular,

(\*) Artículo incorporado por la OC de 326/2000 y, posteriormente, por la OM 1382/2002.



en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, se estará a lo establecido en el artículo 9 del mencionado Real Decreto.

### 677.3. Ejecución

La ejecución de un procedimiento de *jet-grouting* requiere, como mínimo, la definición de:

- La forma del elemento a inyectar (columna, panel, etc.).
- El proceso de *jet-grouting* apto para las condiciones de la masa de suelo a tratar.

Los equipos que se vayan a utilizar deberán cumplir las especificaciones del Proyecto, con relación a la metodología de *jet-grouting* a emplear, garantizando:

- La velocidad de extracción y la velocidad de rotación del varillaje de *jet-grouting* establecidas como velocidades de diseño.
- La presión correcta y el caudal necesario con el que debe ser suministrada la lechada.

Los parámetros de trabajo, normalmente, utilizados para los distintos sistemas de *jet-grouting* se encuentran comprendidos en los siguientes intervalos:

Parámetros de trabajo	Fluido sencillo	Doble fluido (aire)	Doble fluido (agua)	Triple fluido
Presión de la lechada (MPa)	30-50*	30-50*	> 2	> 2
CAudal de la lechada (l/min)	50-450	50-450	50-200	50-200
Presión de agua (MPa)			30-60	30-60
Caudal de agua (l/min)			30-150	50-150
Presión de aire (MPa)		0,2-1,7		0,2-1,7
Caudal de aire (m³/min)		3-12		3-12

Como elementos de limpieza durante la perforación se podrán utilizar, dependiendo de las necesidades, aire, agua, lodo o espuma, y en los casos que sea necesario se empleará revestimiento.

La máxima desviación permitida en las perforaciones, con relación a su eje teórico, será de un dos por ciento (2%) para profundidades inferiores a veinte metros (20 m). Para profundidades superiores, y en ejecuciones horizontales, la desviación permitida deberá estipularse en Proyecto.

El espacio anular entre la perforación y el varillaje de *jet-grouting* deberá ser suficiente para permitir la salida de los rechazos sin ningún tipo de obstrucción.

En el caso de ejecutarse paneles de *jet-grouting* deberá controlarse minuciosamente la orientación de las toberas de inyección.

Cuando se efectúen trabajos de recalce se deberán tomar medidas para asegurar la conexión entre la zona superior del elemento inyectado y la cuña de apoyo de la superficie inferior delamiento.

Las perforaciones, en el caso de realizarse *jet-grouting* horizontal, deberán obturarse al terminar su ejecución.

En el caso de que sea necesario interrumpir el proceso de *jet-grouting* su reinicio deberá asegurar la continuidad del elemento.

Se deberá efectuar una observación visual de los rechazos durante todo el proceso de *jet-grouting*.

En el caso de que durante la ejecución del *jet-grouting* los rechazos no sean los esperados se deberán revisar los parámetros de diseño y/o el proceso.

En caso de contemplarlo el Proyecto se podrá colocar armadura en los elementos recién inyectados, durante o inmediatamente después de finalizar la ejecución del *jet-grouting*, o bien podrá instalarse perforando el elemento cuando éste haya endurecido.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

### 677.4. Supervisión y control

El control mínimo, salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, consistirá en el registro de los parámetros de *jet-grouting* y en la observación del rechazo para todos los elementos.

Cuando no existan datos documentados, para condiciones de suelo comparables, se deberá

ejecutar un ensayo previo «in situ» (con la ejecución de al menos tres (3) columnas de prueba) que cubra los distintos condicionantes que puedan presentarse en la obra, con el fin de establecer la validez de los parámetros de trabajo y del proceso elegidos. En base a los resultados que se obtengan se podrá, previa autorización del Director de las Obras, modificar el proceso y los parámetros de trabajo para adoptar los más efectivos.

Cuando se realicen ensayos previos, y no sea posible excavar, la evaluación de resultados, sobre todo el tamaño de los elementos, deberá realizarse mediante la extracción de testigos y, en los casos en que lo indique el Proyecto, o a instancia del Director de las Obras, mediante la realización de ensayos geofísicos.

Antes de iniciarse las obras deberán calibrarse los equipos que vayan a utilizarse en las medidas.

En caso de que lo especifique el Proyecto, o a instancia del Director de las Obras, se podrá, en función de la duración de la obra, exigir la calibración periódica de los equipos de medida.

La inclinación de los elementos de *jet-grouting*, salvo especificación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, se estimará en función de la inclinación del varillaje en la superficie antes y durante la perforación.

Durante la observación visual de los rechazos se deberá registrar una descripción de los mismos.

En caso de contemplarlo el Proyecto, o a instancia del Director de las Obras, deberá realizarse un control periódico de las propiedades del rechazo tales como la densidad, contenido en cemento, pH, etc.

Con relación a la mezcla de inyección se deberá determinar diariamente la densidad, la decantación, la viscosidad y el tiempo de fraguado,

debiéndose, asimismo, tomar muestras con la periodicidad que establezca el Proyecto, o en su defecto el Director de las Obras, para la realización de ensayos de compresión simple.

En el caso de que se efectúe extracción de testigos de elementos ejecutados, ésta se deberá hacer una vez haya transcurrido un tiempo de endurecimiento suficiente. Además, se deberá prestar especial cuidado en que las muestras sean representativas. En el caso de extraer testigo para la determinación de la geometría del elemento inyectado, se deberá realizar, siempre que sea posible, mediante testigos inclinados con relación al eje del elemento, debiendo determinarse la inclinación del eje de extracción y la posición e inclinación del eje del elemento.

### 677.5. Medición y abono

La unidad de obra de *jet-grouting* se abonará por metro (m) de longitud de tratamiento realmente ejecutado, de acuerdo a la definición establecida en Proyecto. Si el *jet-grouting* afecta a diferentes litologías, con variación frente al comportamiento del tratamiento, podrán considerarse diferentes precios por metro (m) para cada una de ellas.

Las operaciones de supervisión y control se considerarán incluidas en el precio del metro (m) de longitud del tratamiento, salvo que el Proyecto las defina de manera específica, en cuyo caso se abonarán a los precios establecidos en el mismo.

### Normas de referencia en el artículo 677

UNE 36068 Barras corrugadas de acero soldable para armaduras de hormigón armado.

# 680. *Encofrados y moldes*

## 680.1. Definición

Se define como encofrado el elemento destinado al moldeo in situ de hormigón y morteros. Puede ser recuperable o perdido, entendiéndose por esto último el que queda englobado dentro del hormigón.

Se entiende por molde el elemento, generalmente metálico, fijo o desplegable, destinado al moldeo de un elemento estructural en lugar distinto al que ha de ocupar en servicio, bien se haga el hormigonado a pie de obra, o bien en una planta o taller de prefabricación.

## 680.2. Ejecución

La ejecución incluye las operaciones siguientes:

- Construcción y montaje.
- Desencofrado.

### 680.2.1. *Construcción y montaje*

Se autorizará el empleo de tipos y técnicas especiales de encofrado, cuya utilización y resultados estén sancionados por la práctica, debiendo justificarse la eficacia de aquellas otras que se propongan y que, por su novedad, carezcan de dicha sanción, a juicio del Director de las obras.

Tanto las uniones como las piezas que constituyen los encofrados deberán poseer la resis-

tencia y la rigidez necesarias para que, con la marcha prevista del hormigonado y, especialmente, bajo los efectos dinámicos producidos por el sistema de compactación exigido o adoptado, no se originen esfuerzos anormales en el hormigón, ni durante su puesta en obra, ni durante su período de endurecimiento, así como tampoco movimientos locales en los encofrados superiores a cinco milímetros (5 mm).

Los enlaces de los distintos elementos o paños de los moldes serán sólidos y sencillos, de modo que su montaje y desmontaje se verifiquen con facilidad.

Los encofrados de fondo de los elementos rectos o planos de más de seis metros (6 m) de luz libre, se dispondrán con la contraflecha necesaria para que, una vez desencofrado y cargado el elemento, éste conserve una ligera concavidad en el intradós.

Los moldes ya usados y que hayan de servir para unidades repetidas, serán cuidadosamente rectificadas y limpiados.

El Contratista adoptará las medidas necesarias para que las aristas vivas del hormigón resulten bien acabadas, colocando, si es preciso, angulares metálicos en las aristas exteriores del encofrado, o utilizando otro procedimiento similar en su eficacia. El Director podrá autorizar, sin embargo, la utilización de berenjenos para achaflanar dichas aristas. No se tolerarán imperfecciones mayores de cinco milímetros (5 mm) en las líneas de las aristas.

Las superficies interiores de los encofrados deberán ser lo suficientemente uniformes y lisas para lograr que los paramentos de las piezas de hormigón moldeadas en aquéllos no presenten defectos, bombeos, resaltos, ni rebabas de más de cinco milímetros (5 mm) de altura.

Tanto las superficies de los encofrados, como los productos que a ellas se puedan aplicar, no deberán contener sustancias perjudiciales para el hormigón.

Los encofrados de madera se humedecerán antes del hormigonado, a fin de evitar la absorción del agua contenida en el hormigón, y se limpiarán, especialmente los fondos, dejándose abiertas provisionales para facilitar esta labor.

Las juntas entre las diversas tablas deberán permitir el entumecimiento de las mismas por la humedad del riego y del hormigón, sin que, sin embargo, dejen escapar la pasta durante el hormigonado, para lo cual se podrá autorizar el empleo de una selladura adecuada.

Antes de comenzar las operaciones de hormigonado, el Contratista deberá obtener del Director la aprobación escrita del encofrado realizado.

En el caso de obras de hormigón pretensado, se pondrá especial cuidado en la rigidez de los encofrados junto a las zona de anclaje, para que los ejes de los tendones sean exactamente normales a los anclajes. Se comprobará que los encofrados y moldes permiten las deformaciones de las piezas en ellos hormigonadas, y resisten adecuadamente la redistribución de cargas que se origina durante el tesado de las armaduras y la transmisión del esfuerzo de pretensado al hormigón. Especialmente, los encofrados y moldes deben permitir, sin coartarlos, los acortamientos de los elementos que en ellos se construyan.

Cuando se encofren elementos de gran altura y pequeño espesor a hormigonar de una vez, se deberán prever en las paredes laterales de los encofrados ventanas de control, de suficiente dimensión para permitir desde ellas la compactación del hormigón. Estas aberturas se dispondrán con un espaciamiento vertical y horizontal no mayor de un metro (1 m), y se cerrarán cuando el hormigón llegue a su altura.

Los encofrados perdidos deberán tener la suficiente hermeticidad para que no penetre en su interior lechada de cemento. Habrán de sujetarse adecuadamente a los encofrados exteriores para que no se muevan durante el vertido y compactación del hormigón. Se pondrá especial cuidado en evitar su flotación en el interior de la masa de hormigón fresco.

En el caso de prefabricación de piezas en serie, cuando los moldes que forman cada banca sean independientes, deberán estar perfectamente sujetos y arriostrados entre sí para impedir movimientos relativos durante la fabricación, que pudiesen modificar los recubrimientos de las ar-

maduras activas, y consiguientemente las características resistentes de las piezas en ellos fabricadas.

Los moldes deberán permitir la evacuación del aire interior al hormigonar, por lo que en algunos casos será necesario prever respiraderos.

Cuando un dintel lleva una junta vertical de construcción, como es el caso de un tablero continuo construido por etapas o por voladizos sucesivos con carro de avance, el cierre frontal de la misma se hará mediante un encofrado provisto de todos los taladros necesarios para el paso de las armaduras pasivas y de las vainas de pretensado.

En el caso de que los moldes hayan sufrido desperfectos, deformaciones, alabeos, etc., a consecuencia de los cuales sus características geométricas hayan variado respecto a las primitivas, no podrán forzarse para hacerles recuperar su forma correcta.

Los productos utilizados para facilitar el desencofrado o desmoldeo deberán estar aprobados por el Director. Como norma general, se emplearán barnices antiadherentes compuestos de siliconas o preparados a base de aceites solubles en agua o grasa diluida, evitando el uso de gas-oil, grasa corriente o cualquier otro producto análogo. En su aplicación deberá evitarse que escurran por las superficies verticales o inclinadas de los moldes o encofrados. No deberán impedir la ulterior aplicación de revestimiento ni la posible ejecución de juntas de hormigonado, en especial cuando se trate de elementos que posteriormente hayan de unirse entre sí para trabajar solidariamente.

### 680.2.2. *Desencofrado*

El desencofrado de costeros verticales de elementos de poco canto podrá efectuarse a los tres días (3 d) de hormigonada la pieza, a menos que durante dicho intervalo se hayan producido bajas temperaturas u otras causas, capaces de alterar el proceso normal de endurecimiento del hormigón. Los costeros verticales de elementos de gran canto, o los costeros horizontales, no deberán retirarse antes de los siete días (7 d), con las mismas salvedades apuntadas anteriormente.

El Director podrá reducir los plazos anteriores, respectivamente, a dos días (2 d) o a cuatro días (4 d), cuando el tipo de cemento empleado proporcione un endurecimiento suficientemente rápido.

El desencofrado deberá realizarse tan pronto sea posible, sin peligro para el hormigón, con objeto de iniciar cuanto antes las operaciones de curado.

En el caso de obras de hormigón pretensado, se seguirán además las siguientes prescripciones: Antes de la operación de tesado se retirarán los costeros de los encofrados y, en general, cualquier elemento de los mismos que no sea sustentante de la estructura, con el fin de que actúen en los esfuerzos de pretensado con el mínimo de coacciones.

Los alambres y anclajes del encofrado que

hayan quedado fijados al hormigón se cortarán al ras del paramento.

### 680.3. Medición y abono

Los encofrados y moldes se medirán por metros cuadrados ( $m^2$ ) de superficie de hormigón medidos sobre Planos. A tal efecto, los forjados se considerarán encofrados por la cara inferior y bordes laterales, y las vigas por sus laterales y fondos.

# 681. Apeos y cimbras

## 681.1. Definición

Se definen como apeos y cimbras los armazones provisionales que sostienen un elemento estructural mientras se está ejecutando, hasta que alcanza resistencia propia suficiente.

## 681.2. Ejecución

La ejecución incluye las operaciones siguientes:

- Construcción y montaje.
- Descimbrado.

### 681.2.1. Construcción y montaje

Salvo prescripción en contrario, las cimbras y apeos deberán ser capaces de resistir el peso total propio y el del elemento completo sustentado, así como otras sobrecargas accidentales que puedan actuar sobre ellas.

Las cimbras y apeos tendrán la resistencia y disposición necesarias para que, en ningún momento, los movimientos locales, sumados en su caso a los del encofrado, sobrepasen los cinco milímetros (5 mm), ni los de conjunto la milésima (1/1.000) de la luz.

Las cimbras se construirán sobre los planos de detalle que prepare el Contratista, quien deberá presentarlos, con sus cálculos justificativos detallados, a examen y aprobación del Director de las obras.

Cuando la estructura de la cimbraba sea metálica, estará constituida por perfiles laminados, palastros roblonados, tubos, etc., sujetos con tornillos o soldados. Para la utilización de estructuras desmontables, en las que la resistencia en los nudos esté confiada solamente al rozamiento de collares, se requerirá la aprobación previa del Director.

En todo caso, se comprobará que el apeo o cimba posee carrera suficiente para el descimbrado, así como que las presiones que transmite al terreno no producirán asientos perjudiciales con el sistema de hormigonado previsto.

Una vez montada la cimbra, si el Director lo cree necesario, se verificará una prueba consistente en sobrecargarla de un modo uniforme y pausado, en la cuantía y con el orden con que lo habrá de ser durante la ejecución de la obra.

Durante la realización de la prueba, se observará el comportamiento general de la cimbra, siguiendo sus deformaciones mediante flexímetros o nivelaciones de precisión.

Llegados a la sobrecarga completa, ésta se mantendrá durante veinticuatro horas (24 h), con nueva lectura final de flechas. A continuación, y en el caso de que la prueba ofreciese dudas, se aumentará la sobrecarga en un veinte por ciento (20%) o más, si el Director lo considerase preciso.

Después se procederá a descargar la cimbra, en la medida y con el orden que indique el Director, observándose la recuperación de flechas y los niveles definitivos con descarga total.

Si el resultado de las pruebas es satisfactorio, y los descensos reales de la cimbra hubiesen resultado acordes con los teóricos que sirvieron para fijar la contraflecha, se dará por buena la posición de la cimbra y se podrá pasar a la rea-

lización de la obra definitiva. Si fuese precisa alguna rectificación, el Director notificará al Contratista las correcciones precisas en el nivel de los distintos puntos.

Si la cimbra pudiera verse afectada por posibles avenidas durante el plazo de ejecución, se tomarán las precauciones necesarias para que no afecten a ninguno de los elementos de aquélla.

En el caso de obras de hormigón pretensado, es importante una disposición de las cimbras tal que permitan las deformaciones que aparecen al tesar las armaduras activas y que resistan la subsiguiente redistribución del peso propio del elemento hormigonado. En especial, las cimbras deberán permitir, sin coartarlos, los acortamientos del hormigón bajo la aplicación del esfuerzo de pretensado.

Por lo dicho anteriormente, se preferirán las cimbras realizadas con puntales relativamente próximos y vigas metálicas de poca luz en lugar de la disposición de puntales en abanico.

Los arriostramientos tendrán la menor rigidez posible, compatible con la estabilidad de la cimbra, y se retirarán los que se puedan antes del teso de las armaduras.

Cuando se utilice el método de construcción por voladizos sucesivos mediante carro de avance, se deberán reglar cuidadosamente sus cotas antes del hormigonado de cada dovela, siguiendo las indicaciones del Director. El carro deberá tener la suficiente rigidez para evitar el giro de la dovela que se está hormigonando con respecto a la zona ya construida, y la consiguiente fisuración en la junta.

### 681.2.2. Descimbrado

El descimbrado podrá realizarse cuando, a la vista de las circunstancias de temperatura y del resultado de las pruebas de resistencia, el elemento de construcción sustentado haya adquirido el doble de la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos que aparezcan al descimbrar.

El descimbrado se hará de modo suave y uniforme, recomendándose el empleo de cuñas, ga-

tos, cajas de arena u otros dispositivos, cuando el elemento descimbrado sea de cierta importancia. Cuando el Director lo estime conveniente, las cimbras se mantendrán despegadas dos o tres centímetros (2 ó 3 cm) durante doce horas (12 h), antes de ser retiradas por completo debiendo comprobarse, además, que la sobrecarga total actuante sobre el elemento que se descimbra, no supere el valor previsto como máximo en el Proyecto.

En el caso de obras de hormigón pretensado, se seguirán, además, las siguientes prescripciones: El descimbrado se efectuará de conformidad con lo dispuesto en el programa previsto a tal efecto en el Proyecto.

Dicho programa deberá estar de acuerdo con el correspondiente al proceso de tesado, a fin de evitar que la estructura quede sometida, aunque sólo sea temporalmente, durante el proceso de ejecución, a tensiones no previstas en el Proyecto, que puedan resultar perjudiciales.

Tanto los elementos que constituyan el encofrado, como los apeos y cimbras, se retirarán sin producir sacudidas ni golpes al hormigón, para lo cual, cuando los elementos sean de cierta importancia, se emplearán cuñas, cajas de arena, gatos u otros dispositivos análogos para lograr un descenso uniforme de los apoyos.

De no quedar contraindicado por el sistema estático de la estructura, el descenso de la cimbra se comenzará por el centro del vano y continuará hacia los extremos, siguiendo una ley triangular o parabólica.

### 681.3. Medición y abono

Los apeos y cimbras se abonarán por metros cúbicos ( $m^3$ ), medidos entre el paramento inferior de la obra y la proyección en planta de la misma, sin excederse de los límites de dicha obra.

En el caso de cimbras no convencionales, tales como carros de avance, vigas de lanzamiento, etc., la forma de medición y abono serán las especificadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.



## 690. *Impermeabilización de paramentos*

### 690.1. Definición

Consiste en la impermeabilización de paramentos de fábricas de hormigón, u otros materiales, en estribos, pilas, tableros, bóvedas, aletas, muros, etc.

### 690.2. Materiales

Serán los definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Cuando se utilicen asfaltos o betunes asfálticos serán del tipo G-1 o G-2, según vayan a utilizarse bajo o sobre el nivel del terreno. Cada uno de dichos tipos cumplirá las condiciones que se le exigen en la Norma UNE 41088.

### 690.3. Ejecución

La ejecución de los trabajos se realizará siguiendo las instrucciones del Director de las obras.

### 690.4. Medición y abono

Las impermeabilizaciones de paramentos se abonarán por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados, medidos sobre Planos. En el precio unitario quedarán incluidos los materiales utilizados, la preparación de la superficie y cuantos trabajos sean necesarios para la completa terminación de la unidad.

# 691. *Juntas de estanquidad en obras de hormigón*

## 691.1. Definición

Se entiende por junta de estanquidad, el dispositivo que separa dos masas de hormigón con objeto de proporcionar a las mismas la libertad de movimientos necesaria para que puedan absorber, sin esfuerzos apreciables, las dilataciones y contracciones producidas por las variaciones de la temperatura y las reológicas del hormigón, al mismo tiempo que asegura la ausencia de filtraciones.

## 691.2. Materiales

Los perfiles a utilizar en juntas de estanquidad serán del tipo previsto en los Planos y deberán cumplir las prescripciones fijadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

## 691.3. Ejecución

Los elementos comprendidos entre dos juntas de estanquidad, o entre una junta de estanquidad y una de retracción, se hormigonarán de una sola

vez, sin más juntas que las necesarias por construcción. El hormigonado se detendrá en una junta de estanquidad, y no podrá proseguirse el vertido del hormigón en el elemento adyacente hasta después de haber realizado las operaciones que se indican a continuación.

Previamente al hormigonado del primer elemento, se habrá dispuesto el encofrado de la junta de la forma indicada en los Planos y con las disposiciones necesarias para mantener el perfil de estanquidad, durante el hormigonado, tal como se prevé en los mismos.

Una vez endurecido el hormigón, se retirará el encofrado de la zona de junta, poniendo especial cuidado en no dañar el perfil de estanquidad. A continuación, se fijará sobre la superficie de la junta una plancha de poliestireno expandido para permitir el movimiento relativo entre las dos superficies de hormigón que separa.

## 691.4. Medición y abono

Las juntas se abonarán por metros (m) de perfil de estanquidad colocado, medidos sobre Planos. En el precio unitario quedarán incluidos el propio perfil de estanquidad, las planchas de poliestireno expandido y los demás materiales y trabajos necesarios para su correcta ejecución.

# 692. *Apoyos de material elastomérico*

## 692.1. Definición

Se definen así los aparatos de apoyo constituidos por una placa de material elastomérico que permite, con su deformación elástica, traslaciones o giros de los elementos estructurales que soportan.

Los apoyos pueden ser zunchados o sin zunchar, entendiéndose por zunchados aquellos que constan de un cierto número de capas de material elastomérico separadas por zunchos de chapa de acero que quedan unidos fuertemente al material elastomérico durante el proceso de fabricación.

## 692.2. Materiales

### 692.2.1. *Material elastomérico*

El material elastomérico podrá ser caucho natural o sintético. Deberá presentar una buena resistencia a la acción de grasas, intemperie, ozono atmosférico y a las temperaturas extremas a que haya de estar sometido.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá la composición y características mecánicas del material y, en particular, su dureza, módulo de deformación transversal y porcentaje máximo de variación de sus características mecánicas, después de someter al material a un proceso definido de envejecimiento artificial.

### 692.2.2. *Zunchos de acero*

Las placas de acero empleadas en los zunchos tendrán un límite elástico mínimo de dos

mil cuatrocientos kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (2.400 kgf/cm<sup>2</sup>), y una carga de rotura mínima de cuatro mil doscientos kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (4.200 kgf/cm<sup>2</sup>).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá la carga tangencial mínima que deberá ser capaz de resistir la unión al material elastomérico, sin presentar ningún despegue, así como la deformación angular correspondiente.

## 692.3. Ejecución

Los apoyos de material elastomérico se asentarán sobre una capa de mortero de cemento designado como M 450, en el Artículo 611, «Morteros de cemento», de al menos un centímetro (1 cm) de espesor, de forma que quede su cara superior perfectamente horizontal, salvo que se indique expresamente en los Planos que deban quedar con determinada pendiente. Se vigilará que la placa esté libre en toda su altura, con objeto de que no quede coartada su libertad de movimiento horizontal.

## 692.4. Medición y abono

Los apoyos se abonarán por unidades de cada tipo y dimensiones realmente colocadas en otra y contados sobre los Planos.

En el precio unitario quedarán incluidos el mortero de asiento y cuantas operaciones sean necesarias para que la unidad quede perfectamente ejecutada.

# 693. *Montaje de elementos prefabricados*

## 693.1. Definición

Consiste en las operaciones necesarias para el transporte desde la propia obra y colocación en su posición definitiva de vigas, losas y otros elementos prefabricados de hormigón armado, pretensado, o metálicos.

## 693.2. Ejecución

Las operaciones de manejo y transporte de piezas prefabricadas, bien sea en taller o en obra, deberán realizarse con el máximo cuidado posible, manteniendo el alma de las vigas en posición vertical. En ningún caso se producirán impactos ni sollicitaciones de torsión.

En general, las vigas y losas se transportarán y almacenarán de forma que los puntos de apo-

yo y la dirección de los esfuerzos sean aproximadamente los mismos que los que tales elementos tendrán en su posición final en la obra.

Si el Contratista estimara necesario transportar o almacenar tales elementos en posiciones distintas a la descrita, deberá requerir la aprobación previa del Director de las obras.

Asimismo se tomarán toda clase de precauciones para evitar cualquier agrietamiento o rotura de los elementos prefabricados.

Si el montaje afectase al tráfico de peatones o vehículos, el Contratista presentará, con la debida antelación, a la aprobación del Director, el programa de corte, restricción o desvío de tráfico.

## 693.3. Medición y abono

El montaje de elementos prefabricados se medirá y abonará por unidad de pieza colocada.

## 694. *Juntas de tablero*

### 694.1. Definición

Se definen como juntas de tablero, los dispositivos que entran en los bordes de dos tableros contiguos, o de un tablero y un estribo, de forma que permitan los movimientos por cambios de temperatura, deformaciones reológicas en caso de hormigón y deformaciones de la estructura, al tiempo que presentan una superficie lo más continua posible a la rodadura.

### 694.2. Condiciones generales

El tipo de las juntas y los materiales que las constituyen serán los definidos en los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

### 694.3. Ejecución

Antes de montar la junta, se ajustará su abertura inicial, en función de la temperatura media de la estructura en ese momento y de los acortamientos diferidos previstos, en caso de estructuras de hormigón.

La junta se montará de acuerdo con las instrucciones del fabricante, poniendo especial atención a su anclaje al tablero y a su enrase con la superficie del pavimento.

### 694.4. Medición y abono

Las juntas de tablero se abonarán por metros (m) de junta colocada, medidos sobre Planos. En el precio unitario quedarán comprendidos todos los materiales especiales, así como anclajes, soldaduras, morteros, pinturas y cuantos trabajos y materiales sean necesarios para su correcta ejecución.

# 695. Pruebas de carga

## 695.1. Definición

Se define como prueba de carga al conjunto de operaciones de control, cuya realización es preceptiva en puentes y pasarelas antes de su apertura al tráfico, a fin de comprobar la adecuada concepción, la estabilidad y el buen comportamiento de la obra.

## 695.2. Ejecución

Las pruebas a realizar serán las definidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

No se procederá a la realización de las pruebas de carga hasta haber comprobado que el hormigón ha alcanzado la resistencia característica especificada en el Proyecto.

El tren de cargas de la prueba, formado por camiones o vehículos similares, deberá ser aprobado previamente por el Director de las obras.

Durante el desarrollo de las pruebas se adoptarán las precauciones necesarias para evitar un posible accidente.

En caso de aparecer algún defecto que el Director considere peligroso, se estudiarán las causas posibles del mismo y se adoptarán las medidas que el Director estime oportunas.

El Director podrá ordenar la realización de pruebas complementarias cuando lo estime necesario, aun cuando no hubieran estado previstas inicialmente en el Proyecto.

## 695.3. Acta de las pruebas de carga

Finalizadas las pruebas, se redactará un Acta en la que, además de cuantas observaciones crea conveniente añadir el Director, se incluirán los siguientes apartados:

- Datos generales de fecha, personas asistentes a la prueba, clave del Proyecto y finalidad de la prueba.
- Descripción de la obra.
- Estado de la obra previo a la realización de las pruebas.
- Tren de cargas utilizado.
- Aparatos de medida.
- Condiciones climatológicas.
- Puntos de referencia respecto a los que se hayan realizado medidas y dejado constancia para identificación futura.
- Descripción del ensayo y resultados obtenidos.
- Estado final de la obra.

## 695.4. Medición y abono

Esta unidad se medirá y abonará según se indique en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

---

***ELEMENTOS  
DE SEÑALIZACIÓN,  
BALIZAMIENTO  
Y DEFENSA  
DE LAS CARRETERAS***

***Parte  
7***



# 700. Marcas viales (\*)

## 700.1. Definición

Se define como marca vial, reflectorizada o no, aquella guía óptica situada sobre la superficie de la calzada, formando líneas o signos, con fines informativos y reguladores del tráfico.

## 700.2. Tipos

Las marcas viales se clasificarán en función de:

- Su utilización, como: de empleo *permanente* (color blanco) o de empleo *temporal* (color amarillo).
- Sus características más relevantes, como: *tipo 1* (marcas viales convencionales) o *tipo 2* (marcas viales, con resaltes o no, diseñadas específicamente para mantener sus propiedades en condiciones de lluvia o humedad).

## 700.3. Materiales

En la aplicación de las marcas viales se utilizarán pinturas, termoplásticos de aplicación en caliente, plásticos de aplicación en frío, o marcas viales prefabricadas que cumplan lo especificado en el presente artículo.

El carácter retrorreflectante de la marca vial se conseguirá mediante la incorporación, por premezclado y/o postmezclado, de microesferas de vidrio a cualquiera de los materiales anteriores.

Las proporciones de mezcla, así como la calidad de los materiales utilizados en la aplicación de las marcas viales, serán las utilizadas para esos materiales en el ensayo de la durabilidad, realizado según lo especificado en el método «B» de la UNE 135 200 (3).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, además de sus proporciones de mezcla, la clase de material más adecuado en cada caso de acuerdo con el apartado 700.3.2 del presente artículo. Además, definirá la necesidad de aplicar marcas viales de tipo 2 siempre que lo requiera una mejora adicional de la seguridad vial y, en general, en todos aquellos tramos donde el número medio de días de lluvia al año sea mayor de cien (100).

### 700.3.1. Características

Las características que deberán reunir los materiales serán las especificadas en la UNE 135 200(2), para pinturas, termoplásticos de aplicación en caliente y plásticos de aplicación en frío, y en la UNE-EN-1790 en el caso de marcas viales prefabricadas.

Asimismo, las microesferas de vidrio de postmezclado a emplear en las marcas viales reflexivas cumplirán con las características indicadas en la UNE-EN-1423. La granulometría y el método de determinación del porcentaje de defectuosas serán los indicados en la UNE 135 237. Cuando se utilicen microesferas de vidrio de premezclado, será de aplicación la UNE-EN-1424 previa aprobación de la granulometría de las mismas por el Director de las Obras.

(\*) Modificado por la OM de 28/12/1999.

En caso de ser necesarios tratamientos superficiales especiales en las microesferas de vidrio para mejorar sus características de flotación y/o adherencia, éstos serán determinados de acuerdo con la UNE-EN-1423 o mediante el protocolo de análisis declarado por su fabricante.

Además, los materiales utilizados en la aplicación de marcas viales, cumplirán con las especificaciones relativas a durabilidad de acuerdo con lo especificado en el «método B» de la UNE 135 200(3).

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

La garantía de calidad de los materiales empleados en la aplicación de la marca vial será

exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

### 700.3.2. Criterios de selección

La selección de la clase de material más idónea para cada aplicación de marca vial se llevará a cabo mediante la determinación del «factor de desgaste», definido como la suma de los cuatro valores individuales asignados en la tabla 700.1 a todas y cada una de las características de la carretera que en dicha tabla se explicitan (situación de la marca vial, textura superficial del pavimento, tipo de vía y su anchura y la intensidad media diaria del tramo).

Obtenido el factor de desgaste, la clase de material más adecuada se seleccionará de acuerdo con el criterio especificado en la tabla 700.2.

Sin perjuicio de lo anterior, los productos pertenecientes a cada clase de material cumplirán

**Tabla 700.1**  
Valores individuales de cada característica de la carretera a utilizar en el cálculo del «factor de desgaste»

Características	Valor individual de cada característica					
	1	2	3	4	5	8
Situación de la marca vial	Marca en zona excluida al tráfico	Banda lateral izquierda, en carreteras de calzadas separadas	Banda lateral derecha, en carreteras de calzadas separadas, o laterales, en carreteras de calzada única	Eje o separación de carriles	Marcas viales para separación de carriles especiales	Pasos de peatones y ciclistas  Símbolos, letras y flechas
Textura superficial del pavimento (altura de arena, en mm) UNE-EN 1824	Baja $H < 0,7$	Media $0,7 \leq H \leq 1,0$	—	Alta $H > 1,0$	—	—
Tipo de vía y ancho de calzada (a, en m)	Carreteras de calzadas separadas	Carreteras de calzada única y buena visibilidad $a > 7,0$	Carreteras de calzada única y buena visibilidad $6,5 < a \leq 7,0$	Carreteras de calzada única y buena visibilidad $a \leq 6,5$	Carreteras de calzada única y mala visibilidad A cualquiera	—
IMD	$\leq 5.000$	$5.000 < \text{IMD} \leq 10.000$	$10.000 < \text{IMD} \leq 20.000$	$> 20.000$	—	—

Nota: Para aplicaciones directas sobre mezclas drenantes, la textura superficial deberá ser entendida como porcentaje de huecos, aplicándose el valor 1 cuando el % de huecos sea inferior al 20%, el valor 2 cuando el % de huecos esté comprendido entre el 20 y el 25%, y el valor 3 cuando: el % de huecos sea superior al 25%.

**Tabla 700.2**  
Determinación de la clase de material en función del factor de desgaste

Factor de desgaste	Clase de material
4-9	Pinturas
10-14	Productos de larga duración aplicados por pulverización (termoplásticos de aplicación en caliente y plásticos en frío) o marca vial prefabricada.
15-21	Marca vial prefabricada o productos de larga duración (termoplásticos en caliente y plásticos en frío), aplicados por extrusión o por arrastre.

con las especificaciones relativas a durabilidad, según se especifica en el apartado 700.3.1 del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, para el correspondiente intervalo del «factor de desgaste» en base al criterio definido en la tabla 700.3.

Una vez seleccionada la clase de material, entre los productos de esa clase, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las obras fijará, en función del sustrato y las características del entorno, la naturaleza y calidad de los mismos, así como su dotación unitaria en todos y cada uno de los tramos o zonas, en los que pueda diferenciarse la obra completa de señalización.

Los materiales utilizados en la ejecución de las marcas viales se aplicarán, únicamente, en las proporciones indicadas para éstos en el ensayo de durabilidad, de acuerdo con lo especificado en el apartado 700.3.

Durante el período de garantía, las características esenciales de las marcas viales cumplirán con lo especificado en la tabla 700.4 y asimismo con los requisitos de color especificados y medidos según la UNE-EN-1436.

Se cuidará especialmente que las marcas viales aplicadas no sean en circunstancia alguna, la causa de la formación de una película de agua sobre el pavimento, por lo que en su diseño deberán verse los sistemas adecuados para el drenaje.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para el período de garantía, el nivel de calidad mínimo de las marcas viales, más adecuado a cada tipo de vía, el cual deberá establecerse según la UNE-EN-1436, en base a obtener su máxima visibilidad, tanto de día como de noche, en cualquier situación.

### 700.5. Maquinaria de aplicación

La maquinaria y equipos empleados para la aplicación de los materiales utilizados en la ejecución de las marcas viales, deberán ser capaces de aplicar y controlar automáticamente las dosificaciones requeridas y conferir una homogeneidad a la marca vial tal que garantice sus propiedades a lo largo de la misma.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras fijará las características de la maquinaria a emplear en la aplicación de las marcas viales, de acuerdo con lo especificado en la UNE 135 277(1).

### 700.6. Ejecución

El Contratista comunicará por escrito al Director de las Obras, antes de transcurridos treinta (30) días desde la fecha de firma del acta de comprobación del replanteo, la relación de las empresas suministradores de todos los materiales a utilizar en la ejecución de las marcas viales objeto de la aplicación, así como la marca comercial, o referencia, que dichas empresas dan a esa clase y calidad.

Esta comunicación deberá ir acompañada del certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de los ma-

**Cuadro 700.3**  
Requisito de durabilidad en función del factor de desgaste

Factor de desgaste	Último ciclo sobrepasado (pasos de rueda)
4-9	$0,5 \cdot 10^6$
10-14	$10^6$
15-21	$\geq 2 \cdot 10^6$

**Tabla 700.4**  
Valores mínimos de las características esenciales exigidas para cada tipo de marca vial

Tipo de marca vial	Parámetro de evaluación					Valor SRT
	Coeficiente de retrorreflexión* ( $RL/mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ )			Factor de luminancia ( $\beta$ )		
	30 días	180 días	730 días	Sobre pavimento bituminoso	Sobre pavimento de hormigón	
Permanente (color blanco)	300	200	100	0,30	0,40	45
Temporal (color amarillo)	150	150	150	0,20	0,20	45

teriales y/o del documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (700.11). En ambos casos se referenciarán los datos relativos a la declaración de producto según la UNE 135 200(2).

Asimismo, el Contratista deberá declarar las características técnicas de la maquinaria a emplear, para su aprobación o rechazo por parte del Director de las Obras. La citada declaración estará constituida por la ficha técnica, según modelo especificado en la UNE 135 277(1), y los correspondientes documentos de identificación de los elementos aplicadores, con sus curvas de caudal y, caso de existir, los de los dosificadores automáticos.

### 700.6.1. Preparación de la superficie de aplicación

Antes de proceder a la aplicación de la marca vial se realizará una inspección del pavimento a fin de comprobar su estado superficial y posibles defectos existentes. Cuando sea necesario, se llevará a cabo una limpieza de la superficie para eliminar la suciedad u otros elementos contaminantes que pudieran influir negativamente en la calidad y durabilidad de la marca vial a aplicar.

La marca vial que se aplique será, necesariamente, compatible con el sustrato (pavimento o marca vial antigua); en caso contrario, deberá efectuarse el tratamiento superficial más adecuado (borrado de la marca vial existente, aplicación de una imprimación, etc). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá fijar, o en su defecto el Director de las Obras exigirá, las operaciones de preparación de la superficie de aplicación ya sean de reparación propiamente dichas o de aseguramiento de la compatibilidad entre el sustrato y la nueva marca vial.

En el caso específico de pavimentos de hormigón, antes de proceder a la aplicación de la marca vial, deberán eliminarse todos aquellos materiales utilizados en el proceso de curado del hormigón que aún se encontrasen sobre su superficie. Si el factor de luminancia del pavimento fuese superior a quince centésimas (0,15), evaluado de acuerdo con la UNE-EN-1436, se rebordeará la marca vial a aplicar con un material de color negro a ambos lados y con un ancho aproximadamente igual a la mitad (1/2) del correspondiente a la marca vial.

### 700.6.2. Limitaciones a la ejecución

La aplicación de una marca vial se efectuará, cuando la temperatura del sustrato (pavimento o marca vial antigua) supere al menos en tres grados Celsius (3 °C) al punto de rocío. Dicha aplicación, no podrá llevarse a cabo si el pavimento está húmedo o la temperatura ambiente no está comprendida entre cinco y cuarenta grados Celsius (5 a 40 °C), o si la velocidad del viento fuera superior a veinticinco kilómetros por hora (25 km/h).

### 700.6.3. Premarcado

Previamente a la aplicación de los materiales que conformen la marca vial, se llevará a cabo un cuidadoso replanteo de las obras que garantice la correcta terminación de los trabajos. Para ello, cuando no exista ningún tipo de referencia adecuado, se creará una línea de referencia, bien continua o bien mediante tantos puntos como se estimen necesarios separados entre sí por una distancia no superior a cincuenta centímetros (50 cm).

### 700.6.4. Eliminación de las marcas viales

Para la eliminación de las marcas viales, ya sea para facilitar la nueva aplicación o en aquellos tramos en los que, a juicio del Director de las Obras, la nueva aplicación haya sido deficiente, queda expresamente prohibido el empleo de decapantes así como los procedimientos térmicos. Por ello, deberá utilizarse alguno de los siguientes procedimientos de eliminación que, en cualquier caso, deberá estar autorizado por el Director de las Obras:

- Agua a presión.
- Proyección de abrasivos.
- Fresado, mediante la utilización de sistemas fijos rotatorios o flotantes horizontales.

### 700.7. Control de calidad

El control de calidad de las obras de señalización horizontal incluirá la verificación de los

materiales acoplados, de su aplicación y de las unidades terminadas.

El Contratista facilitará al Director de las Obras, diariamente, un parte de ejecución y de obra en el cual deberán figurar, al menos, los siguientes conceptos:

- Marca o referencia y dosificación de los materiales consumidos.
- Tipo y dimensiones de la marca vial.
- Localización y referencia sobre el pavimento de las marcas viales.
- Fecha de aplicación.
- Temperatura y humedad relativa al comienzo y a mitad de jornada.
- Observaciones e incidencias que, a juicio del Director de las Obras, pudieran influir en la durabilidad y/o características de la marca vial aplicada.

### 700.7.1. Control de recepción de los materiales

A la entrega de cada suministro, se aportará un albarán con documentación anexa, conteniendo entre otros, los siguientes datos: nombre y dirección de la empresa suministradora; fecha de suministro; identificación de la fábrica que ha producido el material; identificación del vehículo que lo transporta; cantidad que se suministra y designación de la marca comercial; certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (700.11), de cada suministro.

Se comprobará la marca o referencia de los materiales acoplados, a fin de verificar que se corresponden con la clase y calidad comunicada previamente al Director de las Obras, según se especifica en el apartado 700.6.

Los criterios que se describen a continuación para realizar el control de calidad de los acopios no serán de aplicación obligatoria en aquellos materiales, empleados para la aplicación de marcas viales, si se aporta el documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto (700.11), sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

Al objeto de garantizar la trazabilidad de estas obras, antes de iniciar su aplicación, los productos serán sometidos a los ensayos de evaluación

y de homogeneidad e identificación especificados para pinturas, termoplásticos de aplicación en caliente y plásticos de aplicación en frío en la UNE 135 200 (2) y los de granulometría, índice de refracción y tratamiento superficial si lo hubiera según la UNE-EN-1423 y porcentaje de defectuosas según la según la UNE-135287, para las microesferas de vidrio, ya sean de postmezclado o premezclado. Asimismo, las marcas viales prefabricadas serán sometidas a los ensayos de verificación especificados en la UNE-EN-1790.

La toma de muestras, para la evaluación de la calidad, así como la homogeneidad e identificación de pinturas, termoplásticos de aplicación en caliente y plásticos de aplicación en frío se realizará de acuerdo con los criterios especificados en la UNE135 200(2).

La toma de muestras de microesferas de vidrio y marcas viales prefabricadas se llevará a cabo de acuerdo con las normas UNE-EN-1423 y UNE-EN-1790, respectivamente.

Se rechazarán todos los acopios, de:

- Pinturas, termoplásticos de aplicación en caliente y plásticos de aplicación en frío que no cumplan con los requisitos exigidos para los ensayos de verificación correspondientes o que no entren dentro de las tolerancias indicadas en los ensayos de homogeneidad e identificación especificados en la UNE 135 200(2).
- Microesferas de vidrio que no cumplan las especificaciones de granulometría definidas en la UNE 135 287, porcentaje de microesferas defectuosas e índice de refracción contemplados en la UNE-EN-1423.
- Marcas viales prefabricadas que no cumplan las especificaciones, para cada tipo, en la UNE-EN-1790.

Los acopios que hayan sido realizados, y no cumplan alguna de las condiciones anteriores serán rechazados, y podrán presentarse a una nueva inspección exclusivamente cuando su suministrador a través del Contratista acredite que todas las unidades han vuelto a ser examinadas y ensayadas, eliminándose todas las defectuosas o corrigiéndose sus defectos. Las nuevas unidades por su parte serán sometidas a los ensayos de control que se especifican en el presente apartado.

El Director de las Obras, además de disponer de la información de los ensayos anteriores, podrá siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad y homogeneidad de los materiales que se encuentren acoplados.

### 700.7.2. Control de la aplicación de los materiales

Durante la aplicación de los materiales que forman parte de la unidad de obra, se realizarán controles con el fin de identificar y comprobar que son los mismos de los acopios y que cumplen las dotaciones especificadas en el proyecto.

Para la identificación de los materiales pinturas, termoplásticos de aplicación en caliente y plásticos de aplicación en frío que se estén aplicando, se tomarán muestras de acuerdo con los siguientes criterios:

- Por cada uno de los tramos de control seleccionados aleatoriamente, una muestra de material. A tal fin, la obra será dividida en tramos de control cuyo número será función del volumen total de la misma, según el siguiente criterio:

Se define tramo de control como la superficie de marca vial de un mismo tipo que se puede aplicar con una carga (capacidad total del material a aplicar) de la máquina de aplicación al rendimiento especificado en el proyecto.

Del número total de tramos de control ( $C_i$ ) en que se ha dividido la obra, se seleccionarán aleatoriamente un número ( $S_i$ ) en los que se llevarán a cabo la toma de muestras del material según la expresión:

$$S_i = \sqrt{\frac{C_i}{6}}$$

Caso de resultar decimal el valor « $S_i$ », se redondeará al número entero inmediatamente superior.

- Las muestras de material se tomarán directamente del dispositivo de aplicación de la máquina, al que previamente se le habrá cortado el suministro de aire de atomización. De cada tramo de control se extraerán dos (2) muestras de un litro (1 l), cada una.

El material —pintura, termoplástico de aplicación en caliente y plástico de aplicación en frío—, de cada una de las muestras, será sometido

do a los ensayos de identificación especificados en la UNE 135 200(2).

Por su parte, las dotaciones de aplicación de los citados materiales se determinarán según la UNE 135 274 para lo cual, en cada uno de los tramos de control seleccionados, se dispondrá una serie de láminas metálicas no deformables sobre la superficie del pavimento a lo largo de la línea por donde pasará la máquina de aplicación y en sentido transversal a dicha línea. El número mínimo de láminas a utilizar, en cada punto de muestreo, será diez (10) espaciadas entre si treinta o cuarenta metros (30 ó 40 m).

Se rechazarán todas las marcas viales de un mismo tipo aplicadas, si en los correspondientes controles se da alguno de los siguientes supuestos, al menos en la mitad de los tramos de control seleccionados:

- En los ensayos de identificación de las muestras de materiales no se cumplen las tolerancias admitidas en la UNE 135 200(2).
- Las dotaciones de aplicación medias de los materiales, obtenidos a partir de las láminas metálicas, no cumplen lo especificado en el proyecto y/o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- La dispersión de los valores obtenidos sobre las dotaciones del material aplicado sobre el pavimento, expresada en función del coeficiente de variación ( $v$ ), supera el diez por ciento (10%).

Las marcas viales que hayen sido rechazadas serán ejecutadas de nuevo por el Contratista a su costa. Por su parte, durante la aplicación, los nuevos materiales serán sometidos a los ensayos de identificación y comprobación de sus dotaciones que se especifican en el presente apartado.

El Director de las Obras, además de disponer de la información de los controles anteriores, podrá durante la aplicación, siempre que lo considere oportuno, identificar y comprobar las dotaciones de los materiales utilizados.

### 700.7.3. Control de la unidad terminada

Al finalizar las obras y antes de cumplirse el período de garantía, se llevarán a cabo controles periódicos de las marcas viales con el fin de determinar sus características esenciales y compro-



bar, *in situ*, si cumplen sus especificaciones mínimas.

Las marcas viales aplicadas cumplirán los valores especificados en el apartado 700.4 del presente artículo y se rechazarán todas las marcas viales que presenten valores inferiores a los especificados en dicho apartado.

Las marcas viales que hayan sido rechazadas serán ejecutadas de nuevo por el Contratista a su costa. Por su parte, las nuevas marcas viales aplicadas serán sometidas, periódicamente, a los ensayos de verificación de la calidad especificados en el presente apartado.

El Director de las Obras podrá comprobar tantas veces como considere oportuno, durante el período de garantía de las obras, que las marcas viales aplicadas cumplen las características esenciales y las especificaciones correspondientes que figuran en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

### 700.8. Período de garantía

El período de garantía mínimo de las marcas viales ejecutadas con los materiales y dosificaciones especificados en el proyecto, será de dos (2) años en el caso de marcas viales de empleo permanente y de tres (3) meses para las de carácter temporal, a partir de la fecha de aplicación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, podrá fijar períodos de garantía mínimos de las marcas viales superiores a dos (2) años en función de la posición de las marcas viales, del tipo de material, etc.

El Director de las Obras podrá prohibir la aplicación de materiales con períodos de tiempo entre su fabricación y puesta en obra inferiores a seis (6) meses, cuando las condiciones de almacenamiento y conservación no hayan sido adecuadas. En cualquier caso, no se aplicarán materiales cuyo período de tiempo, comprendido entre su fabricación y puesta en obra, supere los seis (6) meses, independientemente de las condiciones de mantenimiento.

### 700.9. Seguridad y señalización de las obras

Antes de iniciarse la aplicación de las marcas viales, el Contratista someterá a la aprobación

del Director de las Obras los sistemas de señalización para protección del tráfico, personal, materiales y maquinaria durante el período de ejecución, a si como de las marcas, recién pintadas, hasta su total secado.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas de seguridad y señalización a utilizar durante la ejecución de las obras, de acuerdo con toda la legislación que en materia laboral y ambiental esté vigente.

### 700.10. Medición y abono

Cuando las marcas viales sean de ancho constante, se abonarán por metros (m) realmente aplicados, medidos por el eje de las mismas sobre el pavimento. En caso contrario, las marcas viales se abonarán por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados, medidos sobre el pavimento.

No se abonarán las operaciones necesarias para la preparación de la superficie de aplicación y premarcado, que irán incluidas en el abono de la marca vial aplicada.

La eliminación de las marcas viales de ancho constante, se abonará por metros, (m) realmente eliminados, medidos por el eje del pavimento. En caso contrario, la eliminación de las marcas viales se abonará por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados, medidos sobre el pavimento.

### 700.11. Especificaciones técnicas y distintivos de la calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en el presente artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles públicos y privados autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los



materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### **Normas de referencia**

UNE 135 200(2) Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Parte 2 Materiales. Ensayos de laboratorio.

UNE 135 200(3) Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Parte 3: Materiales. Ensayos de durabilidad.

UNE 135 274 Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Marcas viales. Determinación de la dosificación.

UNE 135 277(1) Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Maquinaria de aplicación. Parte 1: clasificación y características.

UNE 135 287 Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Microesferas de vidrio. Granulometría y porcentaje de defectuosas.

UNE-EN-1423 Materiales para la señalización vial horizontal. Materiales de postmazclado. Microesferas de vidrio, granulados antideslizantes y mezclas de ambos.

UNE-EN-1424 Materiales para señalización vial horizontal. Microesferas de vidrio de premezclado.

UNE-EN-1436 Materiales para la señalización vial horizontal. Comportamiento de las marcas viales aplicadas sobre la calzada.

UNE-EN-1790 Materiales para la señalización vial horizontal. Marcas viales prefabricadas.

UNE-EN-1824 Materiales para señalización vial horizontal. Pruebas de campo.

# 701. *Señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes* (\*)

## 701.1. Definición

Se definen como señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes, el conjunto de elementos destinados a informar, ordenar o regular la circulación del tráfico por carretera y en los que se encuentran inscritos leyendas y/o pictogramas.

Una vez instalados deberán ofrecer la máxima visibilidad tanto en condiciones diurnas como nocturnas; para ello deberán ser capaces de reflejar la mayor parte de la luz incidente (generalmente, procedente de los faros de los vehículos) en la misma dirección que ésta pero en sentido contrario.

## 701.2. Tipos

Las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes, se clasificarán en función de:

- Su objeto, como: de *advertencia de peligro*, de *reglamentación* o de *indicación*.
- Su utilización, como: de empleo *permanente* o de empleo *temporal* (señalización de obras).

## 701.3. Materiales

Como componentes de señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes se utilizará cualquier sustrato, además de la pintura o lámina no retrorreflectante (caso de ser necesarias) y material retrorreflectante que cumplan las prescripciones referentes a características, durabilidad, calidad y servicio especificadas en el presente artículo.

La propiedad retrorreflectante de la señal o cartel se conseguirá mediante la incorporación de materiales retrorreflectantes cuya calidad y criterios de selección cumplirán con lo especificado en el presente artículo.

Por su parte, la característica no retrorreflectante de las señales y carteles en las zonas específicas de las mismas, se conseguirá mediante el empleo de pinturas y/o láminas no retrorreflectantes cuya calidad, asimismo, se corresponderá con lo especificado en el presente artículo.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la naturaleza y características del material más adecuado como sustrato así como el nivel de retrorreflexión de los materiales retrorreflectantes a utilizar como componentes de señales y carteles verticales de circulación, de acuerdo con el criterio de selección establecido en el apartado 701.3.2 del presente artículo.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

### 701.3.1. Características

#### 701.3.1.1. Del sustrato

Los materiales utilizados como sustrato en las señales y carteles verticales, tanto de empleo per-

(\*) Artículo incorporado por la OM de 28/12/1999.

manente como temporal, serán indistintamente: aluminio y acero galvanizado, de acuerdo con las características definidas, para cada uno de ellos, en el presente artículo.

El empleo de sustratos de naturaleza diferente, así como la utilización de chapa de aluminio distinta a lo especificado en el presente artículo, quedará sometida a la aprobación del Director de las Obras previa presentación, por parte del Contratista, del certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias y/o del documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (701.11).

Las placas de chapa de acero galvanizado, las lamas de acero galvanizado y las lamas de aluminio, utilizadas como sustratos en las señales y carteles verticales metálicos de circulación, cumplirán los requisitos especificados en las UNE 135 310, UNE 135 313, UNE 135 320, UNE 135 321 y UNE 135 322, que les sean de aplicación.

### 701.3.1.2. De los materiales retrorreflectantes

Según su naturaleza y características, los materiales retrorreflectantes utilizados en señales y carteles verticales de circulación se clasificarán como:

- De *nivel de retrorreflexión 1*: serán aquellos cuya composición sea realizada a base de microesferas de vidrio incorporadas en una resina o aglomerante, transparente y pigmentado con los colores apropiados. Dicha resina, en su parte posterior, estará sellada y dotada de un adhesivo sensible a la presión o activable por calor el cual, a su vez, aparecerá protegido por una lámina de papel con silicona o de polietileno.
- De *nivel de retrorreflexión 2*: serán aquellos cuya composición sea realizada a base de microesferas de vidrio encapsuladas entre una película externa, pigmentada con los colores adecuados, y una resina o aglomerante transparente y pigmentada apropiadamente. La citada resina, en su parte posterior, estará sellada y dotada de un adhesivo sensible a la presión o activable por calor el cual, a su vez, aparecerá protegido por una lámina de papel con silicona o de polietileno.

- De *nivel de retrorreflexión 3*: serán aquellos compuestos básicamente, de microprismas integrados en la cara interna de una lámina polimérica. Dichos elementos, por su construcción y disposición en la lámina, serán capaces de retrorreflejar la luz incidente bajo amplias condiciones de angularidad y a las distancias de visibilidad consideradas características para las diferentes señales, paneles y carteles verticales de circulación, con una intensidad luminosa por unidad de superficie de, al menos,  $10 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$  para el color blanco.

Las características que deben reunir los materiales retrorreflectantes con microesferas de vidrio serán las especificadas en la UNE 135 334. Los productos de nivel de retrorreflexión 1 ó 2, suministrados para formar parte de una señal o cartel retrorreflectante, estarán provistos de una marca de identificación, característica de su fabricante, de acuerdo con lo especificado en la UNE 135 334.

Los materiales retrorreflectantes con lentes prismáticas de gran angularidad deberán poseer, en caso de afectar a sus propiedades ópticas, una marca que indique su orientación o posicionamiento preferente sobre la señal o cartel. Asimismo, dispondrán de una marca de identificación visual característica del fabricante, quien además deberá suministrar al laboratorio acreditado conforme al RD 2200/1995, de 28 de diciembre, encargado de realizar los ensayos de control de calidad una muestra de las marcas que puedan utilizarse como patrón para llevar a cabo la citada identificación visual.

Los materiales retrorreflectantes con lentes prismáticas de gran angularidad, además de cumplir las características recogidas en la UNE 135 334, presentarán unos valores mínimos iniciales del factor de luminancia, así como unas coordenadas cromáticas ( $x, y$ ), de los vértices de los polígonos de color, de acuerdo con lo especificado, para cada color, en la tabla 701.1 del presente artículo.

Dado que los actuales materiales retrorreflectantes microprismáticos, de gran angularidad, no satisfacen el requisito de luminancia mínima ( $L \geq 10 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ) especificado para el color blanco en todas las situaciones, siempre que se exija su utilización, de acuerdo con los criterios de selección establecidos en el apartado 701.3.2 del presente artículo, se seleccionarán aquellos materiales retrorreflectantes de nivel 3 que proporcionen los valores más altos del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ), consideradas en

Tabla 701.1

Valores mínimos del factor de luminancia ( $\beta$ ) y coordenadas cromáticas ( $x$ ,  $y$ ) de los vértices de los polígonos de color definidos para los materiales retrorreflectantes con lentes prismáticas de gran angularidad\*\* (nivel 3)

Color		Coordenadas cromáticas				Factor de luminancia
		1	2	3	4	Nivel 3
Blanco	x	0,355	0,305	0,285	0,335	0,40
	y	0,355	0,305	0,325	0,375	
Amarillo	x	0,545	0,487	0,427	0,465	0,24
	y	0,454	0,423	0,483	0,534	
Rojo	x	0,690	0,595	0,569	0,655	0,03
	y	0,310	0,315	0,341	0,345	
Azul	x	0,078	0,150	0,210	0,137	0,01
	y	0,171	0,220	0,160	0,038	
Verde	x	0,030	0,166	0,286	0,201	0,03
	y	0,398	0,364	0,446	0,794	

\*\* La evaluación del factor de luminancia ( $\beta$ ) y de las coordenadas cromáticas ( $x$ ,  $y$ ) se llevará a cabo con un espectrocolorímetro de visión circular, u otro instrumento equivalente de visión esférica, empleando como observador dos grados sexagesimales ( $2^\circ$ ), una geometría 45/0 (dirección de iluminación cero grados sexagesimales ( $0^\circ$ ) respecto a superficie de la probeta y medida de la luz reflejada a cuarenta y cinco grados sexagesimales ( $45^\circ$ ), respecto a la normal a dicha superficie) y con un iluminante patrón policromático CIE D65 (según CIE N.º 15.2-1986).

su conjunto las combinaciones de colores correspondientes a las señales y carteles objeto del proyecto.

Se empleará como criterio para definir las combinaciones geométricas de los materiales retrorreflectantes de nivel 3, especificado en la tabla 701.2, siendo:

- Zona A: Recomendada para especificar las características fotométricas de los materiales retrorreflectantes (valores del coeficiente de retroreflexión,  $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) de nivel 3 a utilizar en carteles y paneles

complementarios en tramos interurbanos de autopistas, autovías y vías rápidas.

- Zona B: Recomendada para especificar las características fotométricas de los materiales retrorreflectantes (valores del coeficiente de retroreflexión,  $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) de nivel 3 a utilizar en entornos complejos (glorietas, intersecciones, etc.), tramos periurbanos y en carteles y paneles complementarios en tramos interurbanos de carreteras convencionales.
- Zona C: Recomendada para especificar las características fotométricas de los materia-

Tabla 701.2

Criterios para la definición de las combinaciones geométricas de los materiales retrorreflectantes de nivel 3 en función de su utilización

Ángulo de observación ( $\alpha$ )	Ángulo de entrada ( $\beta_1; \beta_2 = 0^\circ$ )			
	5°	15°	30°	40°
0,1°				
0,2°	Zona A			
0,33°				
0,33°				
0,5°	Zona B			
1,0°				
1,0°	Zona C			
1,5°				

\*\* La evaluación del coeficiente de retroreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ), para todas las combinaciones geométricas especificadas en esta tabla, se llevará a cabo para un valor de rotación ( $\epsilon$ ) de cero grados sexagesimales ( $0^\circ$ ).

les retrorreflectantes (valores del coeficiente de retrorreflexión,  $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) de nivel 3 a utilizar en zonas urbanas.

La evaluación de las características de los materiales retrorreflectantes, independientemente de su nivel de retrorreflexión, deberá realizarse sobre muestras, tomadas al azar, por el laboratorio acreditado conforme al RD 2200/1995, de 28 de diciembre, encargado de llevar a cabo los ensayos, de lotes característicos de producto acoplado en el lugar de aplicación a las señales, o directamente del proveedor de dicho material.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá las condiciones geométricas para la evaluación del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) en estos materiales.

El Director de las Obras podrá exigir una muestra de las marcas de identificación de los materiales retrorreflectantes a las que se hace referencia en el presente apartado.

### 701.3.1.3. De los elementos de sustentación y anclajes

Los anclajes para placas y lamas así como la tornillería y perfiles de acero galvanizado empleados como postes de sustentación de señales, carteles laterales y paneles direccionales cumplirán las características indicadas para cada uno de ellos en las UNE 135 312 y UNE 135 314, respectivamente. Cuando presenten soldadura, ésta se realizará según lo especificado en los artículos 624, 625 y 626 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales. Por su parte, las pletinas de aluminio, estarán fabricadas según lo indicado en la UNE 135 321.

Asimismo, los perfiles y chapas de acero galvanizado, tornillería y anclajes empleados para

pórticos y banderolas cumplirán lo indicado en la UNE 135 315. Por su parte, los perfiles y chapas de aleación de aluminio, tornillería y anclajes empleados para pórticos y banderolas cumplirán lo indicado en la UNE 135 316.

Las hipótesis de cálculo que deberán considerarse para el diseño de cualquier elemento de sustentación y anclaje serán las definidas en la UNE 135 311.

Podrán emplearse, previa aprobación expresa del Director de las Obras, materiales, tratamientos o aleaciones diferentes, siempre y cuando estén acompañados del certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias, y/o del documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (701.11). En cualquier caso, queda expresamente prohibida la utilización de acero electrocincado o electrocadmiado, sin tratamiento adicional.

La garantía de calidad de los elementos de sustentación y anclajes de las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectante será exigible al Contratista adjudicatario de las obras.

### 701.3.2. Criterios de selección del nivel de retrorreflexión

La selección del nivel de retrorreflexión más adecuado, para cada señal y cartel vertical de circulación, se realizará en función de las características específicas del tramo de carretera a señalar y de su ubicación.

La tabla 701.3 indica los niveles de retrorreflexión mínimos necesarios para cada señal y cartel vertical de circulación retrorreflectantes, en función del tipo de vía, con el fin de garantizar su visibilidad tanto de día como de noche.

**Tabla 701.3**  
**Criterios para la selección del nivel mínimo de retrorreflexión**

Tipo de señal o cartel	Entorno de ubicación de la señal o cartel		
	Zona periurbana (travesías, circunvalaciones...)	Autopista, autovía y vía rápida	Carretera convencional
Señales de código	Nivel 2**	Nivel 2	Nivel 1*
Carteles y paneles complementarios	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 2*

\* En señales de advertencia de peligro, prioridad y prohibición de entrada deberá utilizarse necesariamente el «nivel 2».

\*\* Siempre que la iluminación ambiente dificulte su percepción donde se considere conveniente reforzar los elementos de señalización vertical y en entornos donde confluyan o diverjan grandes flujos de tráfico, intersecciones, glorietas, etc., deberá estudiarse la idoneidad de utilizar el nivel 3.

## 701.4. Señales y carteles retrorreflectantes

Las señales y carteles que hayan de ser vistos desde un vehículo en movimiento tendrán las dimensiones, colores y composición indicadas en el Capítulo VI/Sección I del Reglamento General de Circulación, así como en las Normas de Carreteras 8.1-IC «Señalización Vertical» y 8.3-IC «Señalización, balizamiento y defensa de obras fijas en vías fuera de poblado».

Las señales en su cara vista podrán ser planas, estampadas o embutidas. Las señales podrán disponer de una pestaña perimetral o estar dotadas de otros sistemas, siempre que su estabilidad estructural quede garantizada y sus características físicas y geométricas permanezcan durante su período de servicio.

Las tolerancias admitidas en las dimensiones, tanto de señales y carteles como de pictogramas y letras, serán las indicadas en las Normas de Carreteras 8.1-IC «Señalización vertical» y 8.3-IC «Señalización, balizamiento y defensa de obras fijas en vías fuera de poblado».

Tanto las señales como los carteles verticales, en su parte posterior, identificarán de forma indeleble, al menos, el nombre del fabricante y la fecha de fabricación (mes y dos últimos dígitos del año).

### 701.4.1. Características

Las características que deberán reunir las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes serán las especificadas en el presente artículo.

La garantía de calidad de las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes, será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

#### 701.4.1.1. Zona retrorreflectante

En señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes no serigrafiados, las características iniciales que cumplirán sus zonas retrorreflectantes serán las indicadas en la UNE 135 330. Por su parte, las características fotométricas y colorimétricas iniciales correspondientes a las zonas retrorreflectantes equipadas

con materiales de nivel de retrorreflexión 3 serán las recogidas en el apartado 701.3.1.2 del presente artículo.

En señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes serigrafiados, el valor del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) será, al menos, el ochenta por ciento (80%) del especificado en el apartado 701.3.1.2 del presente artículo para cada nivel de retrorreflexión y color, excepto el blanco.

#### 701.4.1.2. Zona no retrorreflectante

Los materiales no retrorreflectantes de las señales y carteles verticales de circulación podrán ser, indistintamente, pinturas o láminas no retrorreflectantes.

La citada zona no retrorreflectante cumplirá, inicialmente y con independencia del material empleado, las características indicadas en la UNE 135 332.

## 701.5. Especificaciones de la unidad terminada

### 701.5.1. Zona retrorreflectante

#### 701.5.1.1. Características fotométricas

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para el período de garantía, el valor mínimo del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) de las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes (serigrafiadas o no) objeto del proyecto.

Se tomarán como valores mínimos del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) para la zona retrorreflectante de nivel 1 y nivel 2 (serigrafiada o no) de las señales y carteles verticales de circulación, al menos, los especificados en la tabla 701.4.

Se tomarán como valores mínimos del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) para la zona retrorreflectante de nivel 3 (serigrafiada o no) de las señales y carteles verticales de circulación, al menos el cincuenta por ciento (50%) de los valores iniciales medidos para 0,2°, 0,33°, 1,0° de ángulo de observación, y 5° de ángulo de entrada (siempre con un ángulo de rotación E de

Tabla 701.4

Valores mínimos del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) de los materiales retrorreflectantes de nivel 1 y nivel 2 (serigrafiados o no), a utilizar en señalización vertical, durante el período de garantía

Color	Coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) Ángulo de observación ( $\alpha$ ): 0,2° ángulo de entrada ( $\beta_1, \beta_2 = 0^\circ$ ): 5°	
	Nivel 1	Nivel 2
Blanco	35	200
Amarillo	25	136
Rojo	7	36
Verde	4	36
Azul	2	16

0°), en cada uno de los materiales seleccionados para su aplicación en las zonas A, B y C respectivamente, de acuerdo con lo establecido en la tabla 701.2.

### 701.5.1.2. Características colorimétricas

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para el período de garantía, las coordenadas cromáticas ( $x, y$ ) y el factor de luminancia ( $\beta$ ) de la zona retrorreflectante (serigrafiada o no) de las señales y carteles verticales de circulación objeto del proyecto de acuerdo con lo especificado en el apartado 701.3.1.2 del presente artículo, para cada uno de los niveles de retrorreflexión exigidos.

### 701.5.2. Zona no retrorreflectante

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para el período de garantía, el valor del factor de luminancia ( $\beta$ ) y de las coordenadas cromáticas ( $x, y$ ) de las zonas no retrorreflectantes de las señales y carteles verticales de circulación objeto del proyecto de acuerdo con lo especificado en el apartado 701.4.1.2 del presente artículo.

### 701.5.3. Elementos de sustentación

Durante el período de garantía, los anclajes, tornillería y postes de sustentación de señales y carteles verticales de circulación retrorreflectan-

tes cumplirán, al menos, las especificaciones correspondientes a su «aspecto y estado físico general» definidas en la UNE 135 352.

## 701.6. Ejecución

El Contratista comunicará por escrito al Director de las Obras, antes de transcurridos treinta (30) días desde la fecha de firma del acta de comprobación del replanteo, la relación de las empresas suministradoras de todos los materiales utilizados y de las propias señales y carteles verticales de circulación objeto del proyecto así como la marca comercial, o referencia, que dichas empresas dan a esa clase y calidad.

Esta comunicación deberá ir acompañada del certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de los materiales y/o del documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (701.11). En ambos casos se referenciarán sus características técnicas evaluadas de acuerdo con lo especificado en los apartados 701.3 y 701.4 del presente artículo.

### 701.6.1. Limitaciones a la ejecución

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto el Director de las Obras fijará el procedimiento de instalación y el tiempo máximo de apertura al tráfico autorizado así como cualquier otra limitación a la ejecución definida en el proyecto en función del tipo de vía, por la ubicación de las señales y carteles, etcétera.



### 701.6.2. *Replanteo*

Previamente al inicio de la obra, se llevará a cabo un cuidadoso replanteo que garantice una terminación de los trabajos acorde con las especificaciones del proyecto.

### 701.7. *Control de calidad*

El control de calidad de las obras de señalización vertical incluirá la comprobación de la calidad de las señales y carteles acopiados así como de la unidad terminada.

El Contratista facilitará al Director de las Obras, diariamente, un parte de ejecución y de obra en el cual deberán figurar, al menos, los siguientes conceptos:

- Fecha de instalación.
- Localización de la obra.
- Clave de la obra.
- Número de señales y carteles instalados por tipo (advertencia del peligro, reglamentación e indicación) y naturaleza (serigrafados, con tratamiento anticondensación, etcétera).
- Ubicación de señales y carteles sobre planos convenientemente referenciados.
- Observaciones e incidencias que, a juicio del Director de las Obras, pudieren influir en la durabilidad y/o características de la señal o cartel instalados.

#### 701.7.1. *Control de recepción de las señales y carteles*

A la entrega de cada suministro se aportará un albarán con documentación anexa, conteniendo, entre otros, los siguientes datos: nombre y dirección de la empresa suministradora; fecha de suministro; identificación de la fábrica que ha producido el material; identificación del vehículo que lo transporta; cantidad que se suministra y designación de la marca comercial; certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (701.11), de cada suministro.

Se comprobará la marca o referencia de los materiales acoplados, a fin de verificar que se corresponden con la clase y calidad comunicada previamente al Director de las Obras, según se especifica en el apartado 701.6.

Los criterios que se describen para realizar el control de calidad de los acopios no serán de aplicación obligatoria en aquellas señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes, si se aporta el documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto (701.11), sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

Al objeto de garantizar la trazabilidad de estas obras, antes de iniciar su instalación, para las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes, se comprobará su calidad, según se especifica en este artículo, a partir de una muestra representativa de las señales y carteles acopiados.

Los acopios que hayan sido realizados y no cumplan alguna de las condiciones especificadas en el apartado 701.7.3 del presente artículo, serán rechazados y podrán presentarse a una nueva inspección, exclusivamente cuando su suministrador a través del Contratista, acredite que todas las unidades han vuelto a ser examinadas y ensayadas eliminándose todas las defectuosas o corrigiéndose sus defectos. Las nuevas unidades, por su parte, serán sometidas a los ensayos de control que se especifican en el presente apartado.

El Director de las Obras, además de disponer de la información de los ensayos que se especifican en el apartado 701.7.1.2 del presente artículo podrá, siempre que lo considere oportuno, comprobar la cañidad de las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes que se encuentren acopiados.

#### 701.7.1.1. *Toma de muestras*

La muestra, para que sea representativa de todo el acopio, estará constituida por un número determinado ( $S$ ) de señales y carteles de un mismo tipo, seleccionados aleatoriamente, equivalente al designado como «Nivel de Inspección I» para usos generales (tabla 701.5) en la UNE 66 020.

De los ( $S$ ) carteles seleccionados, se escogerán aleatoriamente (entre todos ellos) un número representativo de lamas ( $n$ ), las cuales serán remitidas al laboratorio acreditado conforme al RD

Tabla 701.5

**Criterios para selección de un número representativo de señales y carteles acopiados de un mismo tipo**

Número de señales y carteles del mismo tipo existentes en el acopio	Número de señales y carteles del mismo tipo a seleccionar (S)
2 a 15	2
16 a 25	3
26 a 90	5
91 a 150	8
151 a 280	13
281 a 500	20
501 a 1.200	32
1.201 a 3.200	50
3.201 a 10.000	80
10.001 a 35.000	125

2200/1995, de 28 de diciembre, encargado de realizar los ensayos de control de calidad igual a:

$$n = \sqrt{\frac{n_i}{6}}$$

siendo  $n_i$  el número total de lamas existentes en los (S) carteles seleccionados; caso de resultar (n) un número decimal, éste se aproximará siempre al número entero inmediato superior.

Además, se seleccionarán (de idéntica manera) otras (S) señales y (n) lamas, las cuales quedarán bajo la custodia del Director de las Obras, a fin de poder realizar ensayos de contraste si fuese necesario. Una vez confirmada su idoneidad, todas las señales y lamas tomadas como muestra serán devueltas al Contratista.

### 701.7.1.2. Ensayos

En cada una de las muestras seleccionadas, se llevarán a cabo los siguientes ensayos no destructivos, de acuerdo con la metodología de evaluación descrita en el apartado 701.4.1 del presente artículo:

- Aspecto.
- Identificación del fabricante de la señal o cartel.
- Comprobación de las dimensiones.
- Comprobación de las características fotométricas y colorimétricas iniciales.

### 701.7.2. Control de la unidad terminada

Finalizadas las obras de instalación y antes de cumplirse el período de garantía se llevarán a cabo controles periódicos de las seriales y carteles con el fin de determinar sus características esenciales y comprobar, in situ, si cumplen sus especificaciones mínimas.

Las señales y carteles de un mismo tipo que hayan sido rechazados, de acuerdo con los criterios de aceptación y rechazo especificados en el apartado 701.7.3 del presente artículo, serán inmediatamente ejecutados de nuevo por el Contratista a su costa. Por su parte, las nuevas unidades, antes de su instalación serán sometidas a los ensayos de comprobación de la calidad especificados en el apartado 701.7.1.2 del presente artículo.

El Director de las Obras podrá comprobar tantas veces como considere oportuno durante el período de garantía de las obras, que las señales y carteles instalados cumplen las características esenciales y las especificaciones que figuran en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

#### 701.7.2.1. Toma de muestras

El Director de las Obras seleccionará aleatoriamente, entre las señales y carteles de un mismo tipo, un número representativo (S) de señales y carteles, según el criterio establecido en la tabla 701.3 del presente artículo.

#### 701.7.2.2. Ensayos

En cada una de las señales y carteles seleccionados como muestra (S) se llevarán a cabo, de forma no destructiva, los ensayos especificados en el apartado 701.5 del presente artículo. Además, se realizarán los controles correspondientes a «características generales» y «aspecto y estado físico general» indicados en la UNE 135 352.

### 701.7.3. Criterios de aceptación y rechazo

La aceptación de las señales y carteles de un mismo tipo (tabla 701.6), acopiados o instalados,

**Tabla 701.6**  
**Crterios para la aceptación o rechazo de una muestra**  
**de nivel 1 y nivel 2 (serigrafiados o no), a utilizar en señalización vertical, durante el período de garantía**

Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable: 4,0	
	Número máximo de unidades defectuosas para aceptación	Número mínimo de unidades defectuosas para rechazo
2 a 5	0	1
8 a 13	1	2
20	2	3
32	3	4
50	5	6
80	7	8
125	10	11

vendrá determinada de acuerdo al plan de muestreo establecido para un «nivel de inspección 1» y «nivel de calidad aceptable» (NCA) de 4,0 para inspección normal, según la UNE 66 020.

Por su parte, el incumplimiento de alguna de las especificaciones indicadas en el apartado 701.7.1.2 y 701.7.2.2 de este artículo será considerado como «un defecto» mientras que una «señal defectuosa» o «cartel defectuoso» será aquella o aquel que presente uno o más defectos.

adecuadas. En cualquier caso no se instalarán señales y carteles cuyo período de tiempo, comprendido entre su fabricación e instalación, supere los seis (6) meses, independientemente de las condiciones de almacenamiento.

El suministrador a través del Contratista, facilitará al Director de las Obras las instrucciones a las que se refiere el presente apartado del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la conservación de las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes instalados.

### 701.8. Período de garantía

La garantía mínima de las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes (serigrafiados o no), instalados con carácter permanente según las normas y pliegos de prescripciones técnicas aplicables así como conservados regularmente de acuerdo con las instrucciones facilitadas por el fabricante, será de cinco (5) años desde la fecha de su fabricación y de cuatro (4) años y seis (6) meses desde la fecha de su instalación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá fijar períodos de garantía mínimos de las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes (serigrafiados o no) superiores a los especificados en el presente apartado, dependiendo de la ubicación de las señales, de su naturaleza, etc.

El Director de las Obras podrá prohibir la instalación de señales y carteles con períodos de tiempo entre su fabricación e instalación inferiores a seis (6) meses, cuando las condiciones de almacenamiento y conservación no hayan sido

### 701.9. Seguridad y señalización de las obras

Antes de iniciarse la instalación de las señales y carteles verticales de circulación, el Contratista someterá a la aprobación del Director de las Obras los sistemas de señalización para protección del tráfico, personal, materiales y maquinaria durante el período de ejecución de las mismas.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas de seguridad y señalización a utilizar durante la ejecución de las obras, de acuerdo con toda la legislación que en materia laboral y ambiental esté vigente.

### 701.10. Medición y abono

Las señales verticales de circulación retrorreflectantes, incluidos sus elementos de sustentación, anclajes y cimentación, se abonarán exclusivamente por unidades realmente colocadas en obra.

Los carteles verticales de circulación retrorreflectantes, se abonarán por metros cuadrados ( $m^2$ ) realmente colocados en obra. Los elementos de sustentación y anclajes de los carteles verticales de circulación retrorreflectantes, se abonarán por unidades realmente colocadas en obra. Las cimentaciones de los carteles verticales de circulación retrorreflectantes, se abonarán por metros cúbicos ( $m^3$ ) de hormigón, medidos sobre Planos.

### 701.11. Especificaciones técnicas y distintivos de la calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en el presente artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas. El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles públicos y privados autorizados para realizar tareas de certificación en Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

#### Normas de referencia

UNE 66 020 Inspección y recepción por atributos. Procedimientos y tablas.

UNE 135 310 Señales metálicas de circulación. Placas embutidas y estampadas de chapa

de acero galvanizada. Características y métodos de ensayo de la chapa.

UNE 135 311 Señalización vertical. Elementos de sustentación y anclaje. Hipótesis de cálculo.

UNE 135 312 Señalización vertical. Anclajes para placas y laminas utilizadas en señales, carteles y paneles direccionales metálicos. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 313 Señalización vertical. Placas de chapa de acero galvanizada. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 314 Señalización vertical. Tornillería y perfiles de acero galvanizado empleados como postes de sustentación de señales, carteles laterales y paneles direccionales. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 315 Señalización vertical. Perfiles y chapas de acero. Tornillería y anclajes empleados para pórticos y banderolas.

UNE 135 316 Señalización vertical. Perfiles y chapas de aleación de aluminio. Tornillería y anclajes empleados para pórticos y banderolas.

UNE 135 320 Señales metálicas de circulación. Lama de chapa de acero galvanizada. Tipo A. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 321 Señales metálicas de circulación. Lamas de perfil de aluminio obtenido por extrusión. Fabricación. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 322 Señales metálicas de circulación. Lamas de chapa en acero galvanizada. Tipo B. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 330 Señalización vertical. Señales metálicas permanentes retrorreflectantes mediante láminas con microesfera de vidrio. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 332 Señalización vertical. Placas y laminas utilizadas en la señalización vertical permanente de las señales; carteles y paneles direccionales metálicos. Materiales. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 334 Señalización vertical. Láminas retrorreflectantes con microesferas de vidrio. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 352 Señalización vertical y balizamiento. Control de calidad in situ de elementos en servicio. Características y métodos de ensayo.

# 702. *Captafaros retrorreflectantes de utilización en señalización horizontal* (\*)

## 702.1. Definición

Se definen como captafaros retrorreflectantes, para utilización en señalización horizontal, aquellos dispositivos de guía óptica utilizados generalmente como complemento de las marcas viales capaces de reflejar la mayor parte de la luz incidente por medio de retrorreflectores a fin de alertar, guiar o informar al usuario de la carretera.

Los captafaros retrorreflectantes podrán estar formados por una o más piezas y se fijarán a la superficie del pavimento mediante el empleo de adhesivos, de vástagos (uno o más) o por incrustación de acuerdo con lo especificado en el presente artículo.

La parte retrorreflectante del captafaro será unidireccional o bidireccional, que dando excluidas las omnidireccionales del campo de aplicación del presente artículo.

## 702.2. Tipos

Los captafaros retrorreflectantes, se clasifican en función de:

- Su utilización, como: de empleo *permanente* (color blanco de la parte no retrorreflectante) o de empleo *temporal* (color amarillo de la parte no retrorreflectante).
- La naturaleza del retrorreflector, en: *código 1* (retrorreflector de vidrio), *código 2* (retrorreflector orgánico de naturaleza polimérica) o *código 3* (retrorreflector orgánico de naturaleza polimérica, protegido con una superficie resistente a la abrasión).

## 702.3. Materiales

En la fabricación de captaferos retrorreflectantes se utilizará (excepto para el retrorreflector) cualquier material (tales como plástico, caucho, cerámico o metálico), siempre que cumpla con lo especificado en el presente artículo.

En los captafaros retrorreflectantes formados por dos o más piezas, cada una de éstas podrá desmontarse, caso de ser necesario, con el fin de proceder a su sustitución.

La zona retrorreflectante de los captafaros estará constituida por retrorreflectores de vidrio o de naturaleza polimérica, protegidos o no, estos últimos, con una superficie resistente a la abrasión.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la naturaleza y características de los captafaros, estableciendo como mínimo:

- El número de caras retrorreflectantes, así como el color.
- Las dimensiones, incluidas sus tolerancias, del captafaro retrorreflectante.
- El tipo de captafaro en función de la naturaleza de su retrorreflector.
- El procedimiento de fijación a la superficie del pavimento.

## 702.4. Características

Los captafaros retrorreflectantes que hayan de ser vistos desde un vehículo en movimiento tendrán las dimensiones, nivel de retrorreflexión, diseño y colores indicados en la UNE-EN-1463(1).

(\*) Artículo incorporado por la OM de 28/12/1999.

El contorno de los captafaros retrorreflectantes, no presentará bordes afilados que constituyan peligro alguno para la seguridad de la circulación vial.

Los sistemas de anclaje de los captafaros retrorreflectantes serán tales que aseguren su fijación permanente y que, en caso de arrancamiento o rotura no produzcan peligro alguno para el tráfico, ni por causa del captafaro arrancado, ni por los elementos de anclaje que puedan permanecer sobre la calzada.

Los captafaros retrorreflectantes, en su parte superior, identificarán de forma indeleble, al menos, el nombre del fabricante y la fecha de fabricación (mes y dos últimos dígitos del año).

Las características técnicas que deberán reunir los captafaros retrorreflectantes serán las especificadas en la UNE-EN-1463(1).

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

La garantía de calidad de los captafaros retrorreflectores será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

## 702.5. Especificaciones de la unidad terminada

La situación de los captafaros sobre la plataforma será tal que siempre se sitúen fuera de la calzada.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para el período de garantía, el número máximo permitido de captafaros no adheridos a la superficie del pavimento o que hayan perdido su posición original con respecto a la dirección del tráfico. Además, establecerá los criterios de instalación (número de unidades, ubicación, etc.).

## 702.6. Ejecución

El Contratista comunicará por escrito al Director de las Obras, antes de transcurridos treinta (30) días desde la fecha de firma del acta de comprobación del replanteo, la relación comple-

ta de las empresas suministradoras de todos los materiales utilizados en la instalación y los propios captafaros retrorreflectantes objeto del proyecto, así como la marca comercial, o referencia que dichas empresas dan a esa clase y calidad.

Esta comunicación deberá ir acompañada del certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de los materiales y/o del documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (702.11). En ambos casos se referenciarán sus características técnicas de acuerdo con lo especificado en el apartado 702.4 del presente artículo.

### 702.6.1. Preparación de la superficie de aplicación

Antes de proceder a la instalación de los captafaros retrorreflectantes se realizará una inspección de la superficie del pavimento a fin de comprobar su estado y posibles defectos existentes. Cuando sea necesario, se llevará a cabo una limpieza de la superficie para eliminar la suciedad u otros elementos contaminantes que pudieran influir negativamente en la fijación de los mismos.

Si la superficie presenta defectos o desnivelaciones apreciables se corregirán los primeros y se rellenarán los últimos con materiales de análoga naturaleza a los de aquella.

Sobre pavimentos de hormigón, antes de proceder a la instalación de los captafaros retrorreflectantes, deberán eliminarse, de su zona de fijación, todos aquellos materiales utilizados en el proceso de curado del hormigón que aún se encontrasen sobre su superficie.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá fijar, o en su defecto el Director de las Obras exigirá las operaciones de preparación de la superficie de aplicación ya sean de reparación propiamente dichas, o de aseguramiento de la fijación de los captafaros retrorreflectantes.

### 702.6.2. Limitaciones a la ejecución

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto el Director de las Obras fijará el procedimiento de instalación y el tiempo máximo de apertura al tráfico autorizado así como cualquier otra limitación a la ejecución definida en el proyecto en función del tipo de vía, por la ubicación de los captafaros, etc.



### 702.6.3. Premarcado

Previamente a la instalación de los captafaros retrorreflectantes, se llevará a cabo un cuidadoso replanteo de las obras que garantice la correcta terminación de los trabajos.

### 702.6.4. Eliminación de los captafaros retrorreflectantes

Para la eliminación de los captafaros retrorreflectantes, o cualquiera de sus partes, queda expresamente prohibido el empleo de agentes químicos (decapantes, etc.), así como los procedimientos térmicos. En cualquier caso, el procedimiento de eliminación a utilizar deberá estar autorizado por el Director de las Obras.

## 702.7. Control de calidad

El control de calidad de las obras de instalación de captafaros retrorreflectantes incluirá la comprobación de los materiales acopiados, así como de la unidad terminada.

El Contratista facilitará al Director de las Obras, diariamente, un parte de ejecución y de obra en el cual deberán figurar, al menos, los siguientes conceptos:

- Fecha de instalación.
- Localización de la obra y estado de la superficie. Número y características de los captafaros instalados.
- Tipos de captafaros y de los sistemas de fijación aplicados.
- Observaciones e incidencias durante la instalación, que a juicio del Director de las Obras pudieran incidir en las características y/o durabilidad de los captafaros.

### 702.7.1. Control de recepción de los captafaros retrorreflectantes

A la entrega de cada suministro se aportará un albarán con documentación anexa, conteniendo, entre otros, los siguientes datos: nombre y dirección de la empresa suministradora; fecha de suministro; identificación de la fábrica que ha pro-

ducido el material; identificación del vehículo que lo transporta; cantidad que se suministra y designación de la marca comercial; certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (702.11), de cada suministro.

Se comprobará la marca o referencia de los captafaros retrorreflectantes acopiados a fin de verificar que se corresponden con la clase y calidad comunicada previamente al Director de las Obras, según se especifica en el apartado 702.6.

Los criterios que se describen para realizar el control de calidad de los acopios no serán de aplicación obligatoria en aquellos captafaros retrorreflectantes que aporten el documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto (702.11), sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

Al objeto de garantizar la trazabilidad de estas obras, antes de iniciar la instalación de los captafaros retrorreflectantes se comprobará su calidad, según se indica en el presente artículo, a partir de una muestra representativa de los captafaros acopiados.

El Director de las Obras, además de disponer de la información de los ensayos anteriores, podrá, siempre que lo considere oportuno comprobar la calidad de los captafaros retrorreflectantes acopiados.

La muestra, para que sea representativa de todo el acopio, estará constituida por un número determinado de captafaros retrorreflectantes, seleccionados aleatoriamente de acuerdo con el criterio descrito en este apartado, dejando bajo la custodia del Director de las Obras, otra muestra idéntica a la anterior a fin de poder realizar los ensayos de contraste si fuese necesario. Una vez confirmada su idoneidad, los captafaros retrorreflectantes tomados como muestra serán devueltos al Contratista.

La citada toma de muestras se llevará a cabo de acuerdo con los siguientes criterios:

- De toda obra, independientemente de su tamaño, al menos tres (3) unidades por tipo de captafaro.
- Las obras que requieran más de veinte mil (20.000) captafaros retrorreflectantes, al menos tres (3) unidades por cada diez mil (10.000) captafaros del mismo tipo.

Se rechazarán todos los captafaros retrorreflectantes de un mismo tipo acopiados cuyas



muestras representativas, una vez efectuados los correspondientes ensayos, no cumplan con las especificaciones, para los de ese tipo, en la UNE-EN-1463(1).

Los acopios que hayan sido realizados y no cumplan alguna de las condiciones anteriores, serán rechazados y podrán presentarse a una nueva inspección, exclusivamente cuando su suministrador, a través del Contratista, acredite que todas las unidades han vuelto a ser examinadas y ensayadas eliminándose todas las defectuosas o corrigiéndose sus defectos. Las nuevas unidades, por su parte, serán sometidas a los ensayos de control que se especifican en el presente apartado.

### 702.7.2. Control de la unidad terminada

Finalizadas las obras de instalación y antes de cumplirse el período de garantía, se llevarán a cabo controles periódicos para determinar el número de captafaros que permanecen fijados a la superficie del pavimento o que hayan perdido su posición original con respecto a la dirección del tráfico.

La obra será dividida en tramos de control cuyo número será función del tamaño de la misma y del número de captafaros de un mismo tipo utilizados.

Se rechazarán todos los captafaros retrorreflectante instalados dentro de un mismo tramo de control, si en las correspondientes inspecciones se da alguno de los siguientes supuestos:

- El número de captafaros retrorreflectantes no adheridos a la superficie del pavimento supera el dos por ciento (2%) del total de los instalados.
- Más de cinco (5) captafaros retrorreflectantes consecutivos en tramo recto, o más de tres (3) consecutivos en curva, han perdido su posición original con respecto a la dirección del tráfico o han sido eliminados por éste.

Los captafaros retrorreflectantes, de un mismo tramo de control, que hayan sido rechazados serán ejecutados de nuevo por el Contratista a sus expensas. Por su parte, las nuevas unidades, antes de su instalación, serán sometidas a los ensayos de comprobación especificados en el apartado 702.7.1 del presente artículo.

El Director de las Obras podrá comprobar, tantas veces como considere oportuno durante el período de garantía de las obras, que los captafaros retrorreflectantes instalados cumplen las características esenciales y las especificaciones correspondientes que figuran en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

## 702.8. Garantía

La garantía mínima de los captafaros retrorreflectantes, instalados de acuerdo con las especificaciones del proyecto, será de dos (2) años y seis (6) meses contabilizados desde la fecha de su fabricación, y de dos (2) años desde la fecha de instalación, en el caso de captafaros de utilización permanente. Para los captafaros retrorreflectantes de utilización temporal, la garantía será de nueve (9) meses contabilizados desde la fecha de su fabricación, y de tres (3) meses desde la fecha de su instalación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá fijar períodos de garantía mínimos de los captafaros retrorreflectantes superiores a los especificados en el presente apartado, dependiendo de la ubicación de los mismos, de su naturaleza, etc.

El Director de las Obras podrá prohibir la instalación de captafaros retrorreflectantes con períodos de tiempo entre su fabricación e instalación inferiores a seis (6) meses, cuando las condiciones de almacenamiento y conservación no hayan sido adecuadas. En cualquier caso, no se instalarán captafaros retrorreflectantes cuyo período de tiempo, comprendido entre su fabricación e instalación, supere los seis (6) meses, independientemente de las condiciones de almacenamiento.

El suministrador, a través del Contratista, facilitará al Director de las Obras las instrucciones necesarias para la adecuada conservación de los captafaros retrorreflectantes instalados.

## 702.9. Seguridad y señalización de las obras

Antes de iniciarse la instalación de los captafaros retrorreflectantes, el Contratista someterá a la aprobación del Director de las Obras los sistemas de señalización para protección del tráfico, personal, materiales y maquinaria durante el pe-

río de ejecución de las mismas, así como de las unidades recién fijadas a la superficie del pavimento, durante el período de tiempo necesario antes de abrir la zona señalizada al tráfico.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas de seguridad y señalización a utilizar durante la ejecución de las obras, de acuerdo con toda la legislación que en materia laboral y ambiental esté vigente.

### 702.10. Medición y abono

Los captafaros retrorreflectantes, incluidos sus elementos de fijación a la superficie del pavimento, se abonarán por número de unidades (ud) de cada tipo, realmente colocadas, incluyendo las operaciones de preparación de la superficie de aplicación y premarcado.

La eliminación de los captafaros retrorreflectantes existentes sobre el pavimento que el proyecto incluya su levantamiento se abonarán por número de unidades (ud) realmente eliminadas.

### 702.11. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos con-

templados en el presente artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles públicos y privados autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### Normas de referencia

UNE-EN-1463(1) Materiales para señalización vial horizontal. Captafaros retrorreflectantes. Parte 1: Características iniciales.

# 703. *Elementos de balizamiento retrorreflectantes* (\*)

## 703.1. Definición

Se definen como elementos de balizamiento retrorreflectantes aquellos dispositivos, de distinta forma, color y tamaño, instalados con carácter permanente sobre la calzada o fuera de la plataforma con el fin de reforzar la capacidad de guía óptica que proporcionan los elementos de señalización tradicionales (marcas viales, señales y carteles verticales de circulación) así como advertir de las corrientes de circulación posibles, capaces de ser impactados por un vehículo sin dañar significativamente a éste, y de reflejar la mayor parte de la luz incidente (generalmente, procedente de los faros de los vehículos) en la misma dirección que ésta pero en sentido contrario.

## 703.2. Tipos

Los elementos de balizamiento retrorreflectantes objeto del presente artículos son: *paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas.*

## 703.3. Materiales

En la fabricación de paneles direccionales se utilizará cualquier sustrato y pintura (caso de ser necesaria) que cumplan las especificaciones de este artículo.

Por su parte, en la fabricación de hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas se utilizarán sustratos de naturaleza polimérica, flexi-

bles y muy resistentes al desgarro, debidamente acondicionados para garantizar su estabilidad y resistencia frente a la intemperie y en especial a las radiaciones ultravioleta.

El carácter retrorreflectante de los elementos de balizamiento se conseguirá mediante la incorporación de materiales retrorreflectantes cuya calidad cumplirá con lo especificado en el presente artículo.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la naturaleza y características del material más adecuado como sustrato así como el nivel de retrorreflexión y tipo de materiales retrorreflectantes a utilizar en los elementos de balizamiento.

## 703.3.1. Características

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

### 703.3.1.1. Del sustrato

En la fabricación de paneles direccionales, tanto de empleo permanente como temporal, se utilizará chapa de acero galvanizado de acuerdo con las características definidas en la UNE 135 365.

(\*) Artículo incorporado por la OM de 28/12/1999.

Los materiales de origen polimérico utilizados como sustrato para la fabricación de hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas cumplirán lo especificado en las UNE 135 362, UNE 135 360 y UNE 135 363 respectivamente.

El empleo de sustratos de naturaleza diferente a la especificada, para cada uno de los elementos de balizamiento, en el presente artículo quedará sometido a la aprobación del Director de las Obras previa presentación, por parte del suministrador, a través del Contratista, del certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias y/o del documento acreditativo del reconocimiento de marca, sello o distintivo de calidad (703.11) del suministrador.

### 703.3.1.2. De los materiales retrorreflectantes

Los materiales retrorreflectantes empleados en los paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas serán, en función del grado de flexibilidad requerido para éstos, láminas y tejidos retrorreflectantes.

Según su naturaleza y características, los materiales retrorreflectantes utilizados en los paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas se clasificarán como:

- De nivel de retrorreflexión 2: serán aquellos cuya composición sea realizada a base de microesferas de vidrio encapsuladas entre una película externa, pigmentada con los colores adecuados, y una resina o aglomerante transparente y pigmentada apropiadamente. La citada resina, en su parte posterior, estará sellada y dotada de un adhesivo sensible a la presión o activable por calor el cual, a su vez, aparecerá protegido por una lámina de papel con silicona o de polietileno.
- De nivel de retrorreflexión 3: serán aquellos compuestos básicamente, de microprismas integrados en la cara interna de una lámina polimérica. Dichos elementos, por su construcción y disposición en la lámina, serán capaces de retrorreflejar la luz incidente bajo amplias condiciones de angularidad y a las distancias de visibilidad consideradas características para los diferentes elementos de balizamiento retrorreflectantes,

con una intensidad luminosa por unidad de superficie de, al menos,  $10 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$  para el color blanco.

Las características que deben reunir las láminas retrorreflectantes de nivel de retrorreflexión 2, suministradas para formar parte de paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas retrorreflectantes serán las especificadas en la UNE 135 334. Asimismo estarán provistas de una marca de identificación, característica de su fabricante, de acuerdo con lo especificado en la UNE 135 334.

Las láminas retrorreflectantes de nivel de retrorreflexión 3, suministradas para formar parte de los elementos de balizamiento, además de cumplir las características recogidas en la UNE 135 334, presentarán unos valores mínimos iniciales del factor de luminancia ( $\beta$ ), así como unas coordenadas cromáticas ( $x, y$ ), de los vértices de los polígonos de color, de acuerdo con lo especificado, para cada color, en la tabla 703.1 del presente artículo.

Dado que los actuales materiales retrorreflectantes microprismáticos, de gran angularidad, no satisfacen el requisito de luminancia mínima ( $L \geq 210 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ) especificado para el color blanco en todas las situaciones, siempre que se exija su utilización, se seleccionarán aquellos materiales retrorreflectantes de nivel 3 que proporcionen los valores más altos del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ), consideradas en su conjunto las combinaciones de colores correspondientes a los paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas objeto del proyecto.

Se empleará como criterio para definir las combinaciones geométricas de las láminas retrorreflectantes de nivel 3, el especificado en la tabla 703.2, siendo:

- Zona A: Recomendada para especificar las características fotométricas de los materiales retrorreflectantes (valores del coeficiente de retrorreflexión,  $R'/\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ) de nivel 3 a utilizar en tramos interurbanos de autopistas, autovías y vías rápidas.
- Zona B: Recomendada para especificar las características fotométricas de los materiales retrorreflectantes (valores del coeficiente de retrorreflexión,  $R'/\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ) de nivel 3 a utilizar en entornos complejos (glorietas, intersecciones, etc.), tramos periurbanos y en tramos interurbanos de carreteras convencionales.

Tabla 703.1

Valores mínimos del factor de luminancia ( $\beta$ ) y coordenadas cromáticas ( $x$ ,  $y$ ) de los vértices de los polígonos de color definidos para las láminas retrorreflectantes de nivel de retrorreflexión 3 (nivel 3)

Color		Coordenadas cromáticas				Factor de luminancia Nivel 3
		1	2	3	4	
Blanco	x	0,355	0,305	0,285	0,335	0,40
	y	0,355	0,305	0,325	0,375	
Amarillo	x	0,545	0,487	0,427	0,465	0,24
	y	0,454	0,423	0,483	0,534	
Rojo	x	0,690	0,595	0,569	0,655	0,03
	y	0,310	0,315	0,341	0,345	
Azul	x	0,078	0,150	0,210	0,137	0,01
	y	0,171	0,220	0,160	0,038	
Verde	x	0,030	0,166	0,286	0,201	0,03
	y	0,398	0,364	0,446	0,794	

Nota: La evaluación del factor de luminancia ( $\beta$ ) y de las coordenadas cromáticas ( $x$ ,  $y$ ) se llevará a cabo con un espectrocolorímetro de visión circular, u otro instrumento equivalente de visión esférica, empleando como observador dos grados sexagesimales ( $2^\circ$ ), una geometría 45/0 (dirección de iluminación cero grados sexagesimales ( $0^\circ$ ), respecto a la superficie de la probeta y medida de la luz reflejada a cuarenta y cinco grados sexagesimales ( $45^\circ$ ), respecto a la normal a dicha superficie) y con un iluminante patrón poli-cromático CIE D65 (según CIE N.º 15.2-1986).

Tabla 703.2

Criterios para la definición de las combinaciones geométricas de las láminas retrorreflectantes de nivel 3 en función de su utilización

Ángulo de observación ( $\alpha$ )	Ángulo de entrada ( $\beta_1; \beta_2 = 0^\circ$ )			
	5°	15°	30°	40°
0,1°				
0,2°	Zona A			
0,33°				
0,33°				
0,5°	Zona B			
1,0°				
1,0°				
1,5°	Zona C			

Nota: La evaluación del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ), para todas las combinaciones geométricas especificadas en esta tabla, se llevará a cabo para un valor de rotación ( $\epsilon$ ) de cero grados sexagesimales ( $0^\circ$ ).

- Zona C: Recomendada para especificar las características fotométricas de los materiales retrorreflectantes (valores del coeficiente de retrorreflexión,  $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) de nivel 3 a utilizar en zonas urbanas.

Las láminas retrorreflectantes de nivel de retrorreflexión 3 deberán poseer, en caso de afectar a sus propiedades ópticas, una marca que indique su orientación o posicionamiento preferente sobre el elemento de balizamiento. Asimismo, dispondrán de una marca de identificación visual característica del fabricante, quien además deberá su-

ministrar al laboratorio acreditado conforme al RD 2200/1995, de 28 de diciembre, encargado de realizar los ensayos de control de calidad una muestra de las marcas que puedan utilizarse como patrón para llevar a cabo la citada identificación visual.

Los tejidos retrorreflectantes, que serán exclusivamente de color blanco, cumplirán las características iniciales indicadas en la UNE 135 363 para estos materiales. La evaluación de las características de los materiales retrorreflectantes independientemente de su naturaleza y nivel de retrorreflexión, deberá realizarse sobre muestras,

tomadas al azar, por el laboratorio acreditado conforme al RD 2200/1995, de 23 de diciembre, encargado de llevar a cabo los ensayos, de lotes característicos de producto acopiado en el lugar de aplicación a los elementos de balizamiento, o directamente del proveedor de dicho material.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá las condiciones geométricas para la evaluación del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) en estos materiales.

El Director de las Obras podrá exigir una muestra de las marcas de identificación de los materiales retrorreflectantes a las que se hace referencia en el presente aparato.

### 703.3.1.3. De los elementos de sustentación y anclajes

Los elementos de sustentación y anclajes de paneles direccionales cumplirán las características indicadas en la UNE 135 314. Cuando presenten soldadura, ésta se realizará según lo especificado en los artículos 624, 625 y 626 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales. Por su parte, las pletinas de aluminio, estarán fabricadas según lo indicado en la UNE 135 321.

Las hipótesis de cálculo que deberán considerarse para el diseño de cualquier elemento de sustentación y anclaje serán las definidas en la UNE 135 311.

Podrán emplearse, previa aprobación expresa del Director de las Obras, materiales, tratamientos o aleaciones diferentes, siempre y cuando estén acompañados del certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias y/o del documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (703.11). En cualquier caso, queda expresamente prohibida la utilización de acero electrocincado o electrocadmiado, sin tratamiento adicional.

La garantía de calidad de los elementos de sustentación y anclajes de los paneles direccionales será exigible al Contratista adjudicatario de las obras.

## 703.4. Elementos de balizamiento retrorreflectantes

Los paneles direccionales tendrán las dimensiones, diseño y colores indicados en las Normas

de Carreteras 8.1-IC y 8.3-IC y estarán equipados, como mínimo, con láminas retrorreflectantes de nivel de retrorreflexión 2. Dichos paneles en su cara vista serán planos debiendo garantizar su estabilidad estructural, durante su período de servicio, mediante la utilización de aquellos elementos que resulten imprescindibles para la misma.

Los hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas que hayan de ser vistos desde un vehículo en movimiento tendrán las dimensiones, nivel de retrorreflexión, diseño y colores indicados en las UNE 135 362, UNE 135 360 y UNE 135 363, respectivamente.

Siempre que la iluminación ambiente dificulte su detección o en lugares de elevada peligrosidad y entornos complejos (intersecciones, glorietas, etc.) deberá estudiarse la idoneidad de utilizar láminas retrorreflectantes de nivel 3.

El color del cuerpo de los hitos de vértice y balizas cilíndricas podrá ser verde, rojo o amarillo.

Las tolerancias admitidas en las dimensiones serán las definidas en las citadas normas y especificaciones técnicas. Los elementos de balizamiento retrorreflectantes (los paneles direccionales, en su parte posterior) identificarán de forma indeleble, al menos, el nombre del fabricante y la fecha de fabricación (mes y dos últimos dígitos del año).

### 703.4.1. Características

Las características que deben reunir los paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas serán las especificadas en las UNE 135 365, UNE 135 362, UNE 135 360 y UNE 135 363 respectivamente.

La garantía de calidad de los elementos de balizamiento retrorreflectantes será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.

## 703.5. Especificaciones de la unidad terminada

El conjunto formado por los paneles direccionales y sus correspondientes elementos de sustentación y anclaje cumplirán con lo indicado en la UNE 135 311.



### 703.5.1. Zona retrorreflectante

#### 703.5.1.1. Características fotométricas

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para el período de garantía, el valor mínimo del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) de los paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas objeto del proyecto.

Se tomarán como valores mínimos del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) para la zona retrorreflectante equipada con láminas retrorreflectantes de nivel de retrorreflexión 2, al menos, los especificados en la tabla 703.3.

Se tomarán como valores mínimos del coeficiente de retrorreflexión para la zona retrorreflectante ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ), equipada con láminas de nivel 3, de los elementos de balizamiento, al menos el cincuenta por ciento (50%) de los valores iniciales medidos para  $0,2^\circ$ ,  $0,33^\circ$ ,  $1,0^\circ$  de ángulo de observación, y  $5,0^\circ$  de ángulo de entrada (siempre con un ángulo de rotación E,  $0^\circ$ ), en función del material seleccionado de acuerdo con el criterio que se especifica en la tabla 703.2 del presente artículo.

Los tejidos retrorreflectantes de color blanco tendrán al menos un coeficiente de retrorreflexión mínimo de doscientos cincuenta (250)  $cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ , para un ángulo de observación ( $\alpha$ ) de dos décimas de grado ( $0,2^\circ$ ) y un ángulo de entrada ( $\beta_1$ ) de cinco grados ( $5^\circ$ ).

#### 703.5.1.2. Características colorimétricas

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para el período de garantía, las coor-

**Tabla 703.3**

**Valores mínimos del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) de las láminas retrorreflectantes de nivel 2 a utilizar en los elementos de balizamiento durante el período de garantía**

Color	Nivel de reflectancia ( $R'/cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ ) Ángulo de observación ( $\alpha$ ): $0,2^\circ$ Ángulo de entrada ( $\beta_1, \beta_2 = 0^\circ$ ): $5^\circ$
	Nivel 2
Blanco	200
Amarillo	136
Verde	16

denadas cromáticas ( $x, y$ ) y el factor de luminancia ( $\beta$ ) de la zona retrorreflectante de los paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas objeto del proyecto que estarán de acuerdo con lo especificado en el apartado 703.3.1.2 del presente artículo, para cada tipo de material (láminas o tejidos) retrorreflectante y nivel de retrorreflexión exigido.

#### 703.5.2. Zona no retrorreflectante

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para el período de garantía, el valor del factor de luminancia ( $\beta$ ) y de las coordenadas cromáticas ( $x, y$ ) de las zonas no retrorreflectantes de los paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas objeto del proyecto que serán de acuerdo con lo indicado, para cada color, en las correspondientes UNE 135 365, UNE 135 362, UNE 135 360 y UNE 135 363.

#### 703.5.3. Elementos de sustentación

Durante el período de garantía, los anclajes, tornillería y postes de sustentación de paneles direccionales cumplirán, al menos, las especificaciones correspondientes a su «aspecto y estado físico general» definidos en la UNE 135 352.

### 703.6. Ejecución

El Contratista comunicará por escrito al Director de las Obras, antes de transcurridos treinta (30) días desde la fecha de firma del acta de comprobación del replanteo, la relación completa de las empresas suministradoras de todos los materiales utilizados en la fabricación y de los propios elementos de balizamiento retrorreflectantes objeto del proyecto así como la marca comercial, o referencia, que dichas empresas dan a esa clase y calidad.

Esta comunicación deberá ir acompañada del certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de los materiales y/o del documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (703.11). En ambos casos se referenciarán las características técnicas evaluadas de acuerdo



con lo especificado en los apartados 703.3 y 703.4 del presente artículo.

### 703.6.1. Preparación de la superficie de aplicación

Antes de proceder a la instalación de los elementos de balizamiento retrorreflectantes se realizará una inspección de la superficie del pavimento a fin de comprobar su estado y posibles defectos existentes. Cuando sea necesario, se llevará a cabo una limpieza de la superficie para eliminar la suciedad u otros elementos contaminantes que pudieran influir negativamente en la fijación de los mismos. Si la superficie presenta deterioros apreciables, se corregirán con materiales de análoga naturaleza a los de aquella.

Sobre pavimentos de hormigón, en el caso específico de sistemas de fijación basados en adhesivos, antes de proceder a la instalación de los elementos de balizamiento, deberán eliminarse, de su zona de fijación, todos aquellos materiales utilizados en el proceso de curado del hormigón que aún se encontrasen sobre su superficie.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá fijar, o en su defecto el Director de las Obras exigirá, las operaciones de preparación de la superficie de aplicación ya sean de reparación propiamente dichas o de aseguramiento de la fijación de los elementos de balizamiento retrorreflectantes.

### 703.6.2. Limitaciones a la ejecución

Los sistemas de anclaje de los hitos de arista, balizas cilíndricas y, en su caso, hitos de vértice serán tales que aseguren la fijación permanente de los citados elementos de balizamiento retrorreflectantes por su base y que, en caso de arrancamiento, rotura o deformación, no produzcan peligro alguno para el tráfico rodado ni por causa del elemento de balizamiento retrorreflectante arrancado ni por los elementos de anclaje que puedan permanecer sobre la calzada.

Por su parte, el citado sistema de fijación será tal que permita la apertura al tráfico de la zona recién balizada en el menor tiempo posible.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto el Director de las Obras fi-

jará el procedimiento de instalación y el tiempo máximo de apertura al tráfico autorizado así como cualquier otra limitación a la ejecución definida en el proyecto en función del tipo de vía, por la ubicación de los elementos de balizamiento, etc.

### 703.6.3. Replanteo

Previamente al inicio de la obra, se llevará a cabo un cuidadoso replanteo que garantice la correcta terminación de los trabajos, acorde con las especificaciones del Proyecto.

### 703.6.4. Eliminación de los elementos de balizamiento retrorreflectantes

Para la eliminación de los elementos de balizamiento retrorreflectantes, o sus partes, queda expresamente prohibido el empleo de agentes químicos (decapantes, etc.) así como los procedimientos térmicos. En cualquier caso, el procedimiento de eliminación a utilizar deberá estar autorizado por el Director de las Obras.

### 703.7. Control de calidad

El control de calidad de las obras de balizamiento incluirá la comprobación de los paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas acopiadas así como de la unidad terminada.

El Contratista facilitará al Director de las Obras, diariamente, un parte de ejecución y de obra en el cual deberán figurar, al menos, los siguientes conceptos:

- Fecha de instalación.
- Localización de la obra y estado de la superficie.
- Clave de la obra.
- Número de elementos de balizamiento retrorreflectantes instalados por tipo (paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas).
- Ubicación de los elementos de balizamiento retrorreflectante.

- Observaciones e incidencias que, a juicio del Director de las Obras, pudieran influir en las características y/o durabilidad de los elementos de balizamiento retrorreflectantes instalados.

### 703.7.1. Control de recepción de los elementos de balizamiento

A la entrega de cada suministro se aportará un albarán con documentación anexa, conteniendo, entre otros, los siguientes datos: nombre y dirección de la empresa suministradora; fecha de suministro; identificación de la fábrica que ha producido el material; identificación del vehículo que lo transporta; cantidad que se suministra y designación de la marca comercial; certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (703.11), de cada suministro.

Se comprobará la marca o referencia de los materiales acopiados, a fin de verificar que se corresponden con la clase y calidad comunicada previamente al Director de las Obras, según se especifica en el apartado 703.6.

Los criterios que se describen para realizar el control de calidad de los acopios no serán de aplicación obligatoria en aquellos elementos de balizamiento retrorreflectantes, si se aporta el documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad del producto (703.11), sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

Al objeto de garantizar la trazabilidad de estas obras, antes de iniciar su instalación, para los paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas se comprobará su calidad, según se especifica en este artículo, a partir de una muestra representativa de los elementos de balizamiento acopiados.

La muestra, para que sea representativa de todo el acopio, estará constituida por un número determinado (*S*) de elementos de balizamiento retrorreflectantes de un mismo tipo seleccionados aleatoriamente de acuerdo con el criterio descrito en la tabla 703.4 dejando, bajo la custodia del Director de las Obras, otras (*S*) balizas a fin de poder realizar ensayos de contraste si fuese necesario. Una vez confirmada su idoneidad, todos los paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas tomados como muestra serán devueltos al Contratista.

Caso de resultar (*S*) un número decimal, éste se aproximará siempre al número, entero inmediato superior.

Se rechazarán todos los elementos de balizamiento retrorreflectantes de un mismo tipo acopiados cuyas muestras representativas, una vez efectuados los correspondientes ensayos de forma no destructiva, de acuerdo con la metodología de evaluación descrita en el apartado 703.4 del presente artículo, no cumplan los requisitos exigidos de:

- Aspecto.
- Identificación del fabricante de los elementos de balizamiento y de los materiales retrorreflectantes.
- Comprobación de las dimensiones.
- Comprobación de las características fotométricas y colorimétricas iniciales.

Los acopios que hayan sido realizados que no cumplan alguna de las condiciones anteriores serán rechazados, y podrán presentarse a una nueva inspección, exclusivamente, cuando su suministrador, a través del Contratista, acredite que todas las unidades han vuelto a ser examinadas y ensayadas eliminándose todas las defectuosas o corrigiéndose sus defectos. Las nuevas unidades por su parte serán sometidas a los ensayos de control que se especifican en el presente apartado.

El Director de las Obras, además de disponer de la información de los ensayos anteriores, podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad de los elementos de balizamiento retrorreflectantes que se encuentren acopiados.

Tabla 703.4

Criterios para selección de un número representativo de señales y carteles acopiados de un mismo tipo

Núm. de elementos de balizamiento retrorreflectante del mismo tipo existentes en el acopio ( <i>M</i> )	Núm. de elementos de balizamiento retrorreflectante del mismo tipo a seleccionar ( <i>S</i> )
2-8	2
9-18	3
19-32	4
33-50	5
51-72	6
73-98	7
Más de 98	$\sqrt{C/6}$

### 703.7.2. *Control de la unidad terminada*

Finalizadas las obras de instalación, y antes de cumplirse el período de garantía, se llevarán a cabo controles periódicos de los elementos de balizamiento con el fin de determinar sus características esenciales y comprobar, in situ, si cumplen sus especificaciones mínimas.

Los elementos de balizamiento de un mismo tipo que hayan sido rechazados serán ejecutados de nuevo por el Contratista a su costa. Por su parte, las nuevas unidades antes de su instalación serán sometidas a los ensayos de identificación y verificación de la calidad del apartado 703.4 del presente artículo.

Además, deberán reponerse inmediatamente todos los elementos de balizamiento retrorreflectante cuyos elementos de anclaje, en caso de arrancamiento, rotura o deformación de los mismos provocada por el tráfico, pongan en serio peligro la seguridad de la circulación vial.

El Director de las Obras podrá comprobar, tantas veces como considere oportuno durante el período de garantía de las obras, que los elementos de balizamiento retrorreflectantes instalados cumplen las especificaciones que figuran en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El Director de las Obras, seleccionará aleatoriamente, entre los elementos de balizamiento retrorreflectantes de un mismo tipo que no hayan sufrido arrancamiento, rotura o deformación por la acción del tráfico, un número representativo (5) de paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas según el criterio establecido en la tabla 703.2 del presente artículo.

En cada uno de los elementos de balizamiento seleccionados como muestra (5) se llevarán a cabo, de forma no destructiva, los ensayos especificados en el apartado 703.5 del presente artículo. Además, se realizarán los controles correspondientes a «características generales» y «aspecto y estado físico general» recogidos en la UNE 135 352.

Se rechazarán todos los elementos de balizamiento retrorreflectantes instalados que sean del mismo tipo de los seleccionados como muestras si, una vez efectuado el correspondiente control de calidad, se da al menos uno de los siguientes supuestos:

- Más del veinte por ciento (20%) de los elementos de balizamiento, de un mismo tipo, seleccionados como muestras poseen di-

mensiones (sobre la superficie de instalación) fuera de las tolerancias admitidas en la norma correspondiente o no presentan de forma claramente legible las marcas de identificación exigidas.

- Más del diez por ciento (10%) de los elementos de balizamiento, de un mismo tipo, seleccionados como muestras no cumplen las condiciones de color o de retrorreflexión, exigidas en el apartado 703.5 de este artículo, o las correspondientes a «características generales» o a «aspecto y estado físico general» especificadas en la UNE 135 352.

### 703.8. *Garantía*

La garantía mínima de los hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas retrorreflectantes que no hayan sido objeto de arrancamiento, rotura o deformación por la acción del tráfico, fabricados e instalados con carácter permanente según las normas y pliegos de prescripciones técnicas aplicables así como conservados regularmente de acuerdo con las instrucciones facilitadas por el fabricante, será de tres (3) años contabilizados desde la fecha de su fabricación y de dos (2) años y seis (6) meses desde la fecha de su instalación. En el caso de los paneles direccionales dicha garantía será de cinco (5) años desde la fecha de su fabricación y de cuatro (4) años y seis (6) meses desde la fecha de su instalación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, podrá fijar períodos de garantía mínimos de los elementos de balizamiento retrorreflectantes superiores a los especificados en el presente apartado, dependiendo de la ubicación de las balizas y paneles, de su naturaleza, etc.

El Director de las Obras podrá prohibir la instalación de elementos de balizamiento retrorreflectantes con períodos de tiempo entre su fabricación e instalación inferiores a seis (6) meses, cuando las condiciones de almacenamiento y conservación no hayan sido adecuadas. En cualquier caso no se instalarán paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice y balizas cilíndricas retrorreflectantes cuyo período de tiempo, comprendido entre su fabricación e instalación supere los seis (6) meses, independientemente de las condiciones de almacenamiento.

El suministrador, a través del Contratista, facilitará al Director de las Obras las instrucciones a

las que se refiere el presente apartado del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la conservación de los elementos de balizamiento retrorreflectantes instalados.

### 703.9. Seguridad y señalización de las obras

Antes de iniciarse la instalación de los elementos de balizamiento retrorreflectantes, el Contratista someterá a la aprobación del Director de las Obras, los sistemas de señalización para protección del tráfico, personal, materiales y maquinaria durante el período de ejecución de las mismas, así como de las unidades recién fijadas a la superficie del pavimento, durante el período de tiempo necesario antes de abrir la zona recién balizada al tráfico.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas de seguridad y señalización a utilizar durante la ejecución de las obras, de acuerdo con toda la legislación que en materia laboral y ambiental esté vigente.

### 703.10. Medición y abono

Los elementos de balizamiento retrorreflectantes, incluidos sus elementos de sustentación y anclajes, se abonarán exclusivamente por unidades (ud) realmente colocadas en obra, incluyendo las operaciones de preparación de la superficie de aplicación y premarcado.

La eliminación de los elementos de balizamiento retrorreflectantes instalados se abonará por número de unidades (ud) realmente eliminadas.

### 703.11. Especificaciones técnicas y distintivos de la calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en el presente artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias es-

tablecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles públicos y privados autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### Normas de referencia

UNE 135 311 Señalización vertical. Elementos de sustentación y anclaje. Hipótesis de cálculo.

UNE 135 314 Señalización vertical. Tornillería y perfiles de acero galvanizado empleados como postes de sustentación de señales, carteles, la terales y paneles direccionales. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 321 Señales metálicas de circulación. Lamas de perfil de aluminio obtenido por extrusión. Fabricación. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 334 Señalización vertical. Láminas retrorreflectantes con microesferas de vidrio. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 352 Señalización vertical y balizamiento. Control de calidad «in situ» de elementos en servicio. Características y métodos de ensayo.

UNE 135 360 Señalización vertical. Balizamiento. Hitos de vértice en material polimérico. Características, medidas y métodos de ensayo.

UNE 135 362 Señalización vertical. Balizamiento. Hitos de arista de poli (Cloruro de vinilo) (P.V.C. rígido). Características, medidas y métodos de ensayo.

UNE 135 363 Señalización vertical. Balizamiento. Balizas cilíndricas permanentes en material polimérico. Características, medidas y métodos de ensayo.

UNE 135 365 Señalización vertical. Balizamiento. Paneles direccionales de chapa de acero galvanizada. Características y métodos de ensayo.

# 704. Barreras de seguridad (\*)

## 704.1. Definición

Se definen como barreras de seguridad los sistemas de contención de vehículos, instalados en los márgenes de las carreteras cuya finalidad es proporcionar un cierto nivel de contención a un vehículo fuera de control.

## 704.2. Tipos

Las barreras de seguridad empleadas, se clasifican según el material de que están formadas en:

- Metálicas, formadas por una serie continua de elementos longitudinales (vallas), unos soportes (postes) que los mantienen a cierta altura y unos elementos intermedios (separadores) que conectan los dos anteriores.
- Hormigón, formadas por una serie continuada de piezas prismáticas de hormigón con un perfil transversal especial.

## 704.3. Materiales

La barrera de seguridad podrá fabricarse en cualquier material, siempre que cumpla con lo especificado en el presente artículo.

Si la barrera de seguridad estuviera formada por dos o más piezas, cada una de éstas se podrá desmontar, caso de ser necesario, con el fin de proceder a su sustitución.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la naturaleza y características de las

barreras de seguridad, estableciendo como mínimo el nivel de contención de las mismas.

### 704.3.1. Barreras de seguridad metálicas

Los materiales indicados en este apartado se emplearán para los elementos definidos en las UNE 135121 y UNE 135122.

El acero para fabricación de la valla será de las características químicas y mecánicas fijadas en la UNE-EN-10025 para el tipo S 235 JR, con un espesor nominal de tres milímetros (3 mm) y una tolerancia de más menos una décima de milímetro (+ 0,1 mm). Para conseguir la aptitud química del acero base a la galvanización, se limitarán los contenidos de silicio y fósforo a los valores siguientes:

$$\text{Si} \leq 0,03\% \text{ y } \text{Si} + 2,5\text{P} \leq 0,09\%$$

El acero estará galvanizado en caliente, conforme a las UNE-EN ISO 1461. Las características del zinc utilizado en el galvanizado serán las recogidas en la UNE-EN-1179, y el espesor y masa mínimos del recubrimiento serán los definidos por la UNE-EN ISO 1461 para aceros de espesor comprendidos entre tres y seis milímetros (3 y 6 mm).

El acero para fabricación de separadores y de elementos finales de barrera, será de las mismas características que el utilizado en la valla.

El acero utilizado en la fabricación de postes y otros accesorios conformados en frío serán del tipo S 235 JR según lo especificado en la UNE-

(\*) Artículo incorporado por la OM de 28/12/1999.

EN-10025. Para conseguir la aptitud química del acero base a la galvanización, se limitarán los contenidos de silicio y fósforo a los valores siguientes:

$$\text{Si} \leq 0,03\% \text{ y } \text{Si} + 2,5\text{P} \leq 0,09\%$$

Si el acero empleado es laminado en caliente, deberá cumplir lo establecido en la UNE-EN-10025.

Los elementos de unión (tornillería) deberán cumplir lo indicado en la UNE 135122.

Todos los elementos accesorios estarán protegidos contra la corrosión mediante el procedimiento de galvanizado en caliente, conforme a la UNE 37 507 en el caso de la tornillería y elementos de fijación y en el caso de postes, separadores y otros elementos conforme a la norma UNE-EN ISO 1461.

### 704.3.2. Barreras de seguridad de hormigón

Los materiales especificados en este apartado se emplearán para los elementos definidos en las UNE 135 111 y UNE 135 112.

En barreras de hormigón se empleará un material con una resistencia característica superior a veinticinco megapascales (25 MPa), de acuerdo con la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural», o normativa que la sustituya.

En barreras con encofrado perdido, el hormigón de relleno debiera tener una resistencia característica superior a veinte megapascales (20 Mpa).

En el caso de barreras de hormigón prefabricadas el valor de dicha resistencia característica será de treinta y cinco megapascales (35 MPa).

Se cumplirá con lo especificado en los siguientes artículos del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales:

- Artículo 202, «Cementos».
- Artículo 281, «Aditivos a emplear en hormigones».
- Artículo 600, «Armaduras a emplear en hormigón estructural».
- Artículo 610, «Hormigones».
- Artículo 630, «Obras de hormigón en masa o armado».

Se podrán utilizar cementos comunes (CEM), definidos en la norma UNE 80 301, de clase re-

sistente 32,5 o superior. Asimismo, estos cementos podrán tener, en caso necesario, características especiales: resistentes a los sulfatos y/o al agua de mar (UNE 80 303), o de bajo calor de hidratación (UNE 80 306).

El árido cumplirá con las prescripciones técnicas indicadas en el artículo 28 de la siguiente «Instrucción de Hormigón Estructural», o normativa que la sustituya. Su tamaño máximo será de veinte milímetros (20 mm).

En lugares sometidos a la helada el hormigón debe presentar un contenido de aire ocluido comprendido entre el cuatro (4) y el seis por ciento (6%).

### 704.3.3. Otras barreras de seguridad

La instalación de barreras de seguridad en que se empleen elementos distintos de los descritos en las UNE 135 111, UNE 135 121 y UNE 135 122, de cualquier material, quedará sometida a la aprobación del Director de las Obras previa presentación, por parte del suministrador, a través del Contratista, del certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias y/o del documento acreditativo del reconocimiento de marca, sello o distintivo de calidad (704.10), conforme a lo establecido en la UNE-EN-1317.

## 704.4. Características

Las características técnicas de los elementos constituyentes de las barreras de seguridad serán las especificadas en las UNE 135 111, UNE 135 112, UNE 135 121, UNE 135 122.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el RD 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

La garantía de calidad de los elementos constituyentes de las barreras de seguridad será exigible en cualquier circunstancia al Contratista adjudicatario de las obras.



## 704.5. Ejecución

El Contratista comunicará por escrito al Director de las Obras, antes de transcurridos treinta (30) días desde la fecha de firma del «acta de comprobación del replanteo», la relación completa de las empresas suministradoras de todos los materiales utilizados en la fabricación y de los propios elementos constituyentes de las barreras objeto del proyecto así como la marca comercial, o referencia, que dichas empresas dan a esa clase y calidad. Las barreras de hormigón in situ, se ejecutarán preferentemente con máquinas de encofrados deslizantes, para lo cual el hormigón deberá contar con la consistencia y características adecuadas.

Esta comunicación deberá ir acompañada del certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de los materiales y/o del documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (704.10). En ambos casos se referenciarán las características evaluadas de acuerdo con lo especificado en el apartado 704.3 del presente artículo.

### 704.5.1. Limitaciones a la ejecución

Los postes de las barreras de seguridad metálicas indicadas en la UNE 135 122, se cimentarán por hinca en el terreno, salvo que ésta resulte imposible por la dureza de aquel, o que su resistencia sea insuficiente.

En terrenos duros, no aptos para la hinca, el poste se alojará en un taladro de diámetro y profundidad adecuados. El poste se ajustará con cuñas y los huecos se rellenarán con arena con una capa superior impermeabilizante, y en ningún caso con hormigón.

Las barreras de seguridad de hormigón se apoyarán sobre una capa de veinte centímetros (20 cm) de espesor de hormigón, zorra artificial o capa estabilizada convenientemente compactada y nivelada, de tal forma que garanticen que una vez colocada la barrera, la desnivelación de la superficie superior de la misma, medida en la dirección del eje de la carretera, sea inferior a lo especificado en el apartado 704.6.2 del presente artículo.

Las barreras de seguridad de hormigón realizadas in situ deben curarse mediante el empleo de productos filmógenos (Artículo 285 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales).

### 704.5.2. Replanteo

Previamente al inicio de la obra, se llevará a cabo un cuidadoso replanteo que garantice la correcta terminación de los trabajos, acorde con las prescripciones del Proyecto.

## 704.6. Control de calidad

El control de calidad de las barreras de seguridad incluirá la comprobación de los elementos constituyentes copiados, así como de la unidad terminada.

El Contratista facilitará al Director de las Obras, diariamente, un parte de ejecución y de obra en el cual deberán figurar, al menos, los siguientes conceptos:

- Fecha de instalación.
- Localización de la obra.
- Clave de la obra.
- Número de elementos instalados, o número de metros en el caso de barreras de hormigón ejecutadas «in situ», por tipo.
- Ubicación de las barreras de seguridad.
- Observaciones e incidencias que a juicio del Director de las Obras pudieran influir en las características y/o durabilidad de las barreras de seguridad instaladas.

A la entrega de cada suministro se aportará un albarán con documentación anexa, conteniendo, entre otros, los siguientes datos: nombre y dirección de la empresa suministradora; fecha de suministro; identificación de la fábrica que ha producido el material; identificación del vehículo que lo transporta; cantidad que se suministra y designación de la marca comercial; certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias y/o documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (704.7), de cada suministro.

Se comprobará la marca o referencia de los elementos constituyentes de las barreras de seguridad copiados, a fin de verificar que se corresponden con la clase y calidad comunicada previamente al Director de las Obras, según se especifica en el apartado 704.5

Los criterios que se describen para realizar el control de calidad de los acopios no serán de aplicación obligatoria en aquellos elementos constituyentes de las barreras de seguridad, si se



aporta el documento acreditativo del reconocimiento de la marca, sello o distintivo de calidad (704.10), sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

Al objeto de garantizar la trazabilidad de estas obras, antes de iniciar su instalación, para los elementos constituyentes de las barreras de seguridad se comprobará su calidad, según se especifica en el presente artículo, a partir de una muestra representativa de los elementos constituyentes acopiados.

Los acopios que hayan sido realizados y no cumplan alguna de las condiciones especificadas en los apartados 704.6.1 y 704.6.2 serán rechazados. Podrán presentarse a una nueva inspección, exclusivamente, cuando el suministrador, a través del Contratista, acredite que todas las unidades han vuelto a ser examinadas y ensayadas, se hayan eliminado todas las defectuosas o corregido sus defectos. Las nuevas unidades, en cualquier caso, serán sometidas a los ensayos de control que se especifican en el presente apartado.

El Director de las Obras además de disponer de la información de los ensayos anteriores podrá, siempre que lo considere oportuno, identificar y verificar la calidad de los elementos constituyentes de las barreras de seguridad que se encuentren acopiados.

### 704.6.1. Barreras de seguridad metálicas

El recubrimiento galvanizado de los elementos constituyentes de la barrera metálica deberá ser continuo, razonablemente liso y estará exento de imperfecciones claramente apreciables a simple vista que puedan influir sobre la resistencia a la corrosión del mismo, tales como ampollas o inclusiones de matas, cenizas o sales de flujo. Tampoco será admisible la presencia de terrones, rebabas o acumulaciones de zinc que puedan interferir con el empleo específico del material galvanizado.

El aspecto gris oscuro mate de la totalidad o de parte del recubrimiento de los elementos, así como las manchas que no sean eliminables por limpieza con un paño seco, será motivo de rechazo.

Se admitirá el retoque de los defectos e imperfecciones del recubrimiento y la restauración de las zonas que hayan podido quedar sin cubrir durante la galvanización, siempre que estas zo-

nas, consideradas individualmente, no tengan una superficie superior a los 10 cm<sup>2</sup>, ni afecten, en su conjunto, a más del 0,5% de la superficie total del recubrimiento de cada elemento. Los procedimientos de restauración serán los especificados en la UNE-EN ISO 1461.

El control del espesor de los elementos constituyentes de la barrera metálica se realizará a través del peso de los mismos mediante un estudio estadístico por variables.

Se tomará como lote entre cuatrocientas y quinientas unidades (400-500 ud) o, en el caso de barreras ya instaladas, la longitud de éstas cuyo número de elementos sea equivalente.

De cada lote se extraerán veinticinco (25) elementos, empleando una tabla de números aleatorios, de modo que se garantice que cualquier elemento del lote tiene la misma probabilidad de ser elegido para formar parte de la muestra. Se calcularán la media y la cuasi-varianza de la muestra de acuerdo con las expresiones siguientes:

$$x = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - x)^2}{(n - 1)}$$

siendo ( $n$ ) el tamaño de la muestra, y ( $x_i$ ) el peso en kilogramos (kg) de cada una de las piezas de la muestra.

En caso de que la media ( $x$ ) fuera inferior al valor ( $P$ ) de la tabla 704.1 de este artículo, se rechazará el lote.

**Tabla 704.1**  
**Control espesor elementos de la barrera metálica**

Tipo de elemento	P (kg)
Valla recta estándar	47,95
Valla recta desmontable	47,87
Poste C-120 de 2.000 mm	13,93
Poste C-120 de 1.500 mm	10,53
Poste C-100 de 2.000 mm	12,10
Poste C-100 de 1.500 mm	9,05
Poste UPN-120 de 2.400 mm	31,33
Separador corto	1,78
Separador estándar	2,62
Separador barrera abatible	2,55
Separador simétrico	6,08
Separador simétrico barrera desmontable	5,94

En caso contrario, se calculará el estimador ( $Q$ ) con la expresión:

$$Q = \frac{x - P}{s}$$

siendo ( $P$ ) el valor indicado en la tabla 704.1 de este artículo.

Si ( $Q$ ) es superior a noventa y cuatro centésimas ( $Q > 0,94$ ) se aceptará el lote y si es inferior se rechazará.

### 704.6.2. Barreras de seguridad de hormigón

Para las barreras de hormigón, se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los dos criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m).
- La fracción construida diariamente.

El control de la regularidad superficial de la superficie superior de la barrera, medida en la dirección del eje de la carretera, se efectuará mediante una regla de tres metros (3 m) sobre la totalidad de la obra. No se admitirán desnivelaciones superiores a cinco milímetros (5 mm), en más del treinta por ciento (30%) del lote, ni de diez milímetros (10 mm) en ningún punto.

En la barrera prefabricada se tomará un lote constituido por cinco (5) elementos cualesquiera, que en el caso de la barrera ejecutada in situ serán treinta metros (30 m), sobre los que se comprobará que:

- Las barreras no deben presentar rebabas que sean indicio de pérdidas graves de lechada, ni más de tres (3) coqueras en una zona de diez decímetros cuadrados (10 dm<sup>2</sup>) de paramento, ni coquera alguna que deje vistas las armaduras.
- No presentarán caras deterioradas en las que el hormigón aparezca deslavado, ni señales de discontinuidad en el hormigonado.
- No se aceptarán barreras con fisuras de más de una décima de milímetro (0,1mm) de ancho, o con fisuras de retracción de más de dos centímetros (2 cm) de longitud.

## 704.7. Garantía

La garantía mínima de los elementos constituyentes de las barreras de seguridad que no hayan sido objeto de arrancamiento, rotura o deformación por la acción del tráfico, fabricados e instalados con carácter permanente según las normas y pliegos de prescripciones técnicas aplicables así como conservados regularmente de acuerdo con las instrucciones facilitadas por el fabricante, será de tres (3) años contabilizados desde la fecha de su fabricación y de dos (2) años y seis (6) meses desde la fecha de su instalación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, podrá fijar períodos de garantía mínimos de los elementos constituyentes de las barreras de seguridad superiores a los especificados en el presente apartado, dependiendo de la ubicación de las barreras, de su naturaleza, etc.

El Director de las Obras podrá prohibir la instalación de elementos constituyentes de barreras de seguridad con períodos de tiempo entre su fabricación e instalación inferiores a seis (6) meses, cuando las condiciones de almacenamiento y conservación no hayan sido adecuadas. En cualquier caso no se instalarán elementos constituyentes de barreras de seguridad cuyo período de tiempo, comprendido entre su fabricación e instalación supere los seis (6) meses, independientemente de las condiciones de almacenamiento.

El suministrador, a través del Contratista, facilitará al Director de las Obras las instrucciones a las que se refiere el presente apartado del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la conservación de los elementos constituyentes de las barreras de seguridad instalados.

## 704.8. Seguridad y señalización de las obras

Antes de iniciarse la instalación de los elementos constituyentes de las barreras de seguridad, el Contratista someterá a la aprobación del Director de las Obras, los sistemas de señalización para protección del tráfico, personal, materiales y maquinaria durante el período de ejecución de las mismas.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las medidas de seguridad y señalización a utilizar durante la ejecución de las obras, de acuerdo con toda la legislación que en materia laboral y ambiental esté vigente.

### 704.9. Medición y abono

Las barreras de seguridad se abonarán por metros lineales (m) realmente colocados en obra, incluyendo en el precio cualquier elemento necesario para su colocación y puesta en obra.

Los abatimientos inicial y final de los extremos de las barreras se abonarán por unidades (ud) realmente colocadas en obra, incluyendo en el precio todos los elementos necesarios para su colocación, unión a la barrera y anclaje al terreno.

### 704.10. Especificaciones técnicas y distintivos de la calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos conטרuplados en el presente artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre. El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación.

Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho

distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

### Normas de referencia

UNE 37 507 Recubrimientos galvanizados en caliente de tornillería y otros elementos de fijación.

UNE 80 301 Cementos, cementos comunes, composición. Especificaciones y criterios de conformidad.

UNE 80 303 Cementos resistentes a los sulfatos y/o agua de mar.

UNE 80 306 Cementos de bajo calor de hidratación.

UNE 135 111 Sistemas viales de contención de vehículos. Barreras de hormigón. Definiciones, clasificación, dimensiones y tolerancias.

UNE 135 112 Sistemas viales de contención de vehículos. Barreras de hormigón. Materiales básicos y control de ejecución.

UNE 135 121 Sistemas viales de contención de vehículos. Barreras metálicas. Valla de perfil de doble onda. Materiales, dimensiones, formas de fabricación y ensayos.

UNE 135 122 Sistemas viales de contención de vehículos. Barreras metálicas. Elementos accesorios de las barreras metálicas. Materiales, dimensiones, formas de fabricación y ensayos.

UNE-EN-1179 Cinc y aleaciones de cinc. Cinc primario.

UNE-EN-1317 Sistemas viales de contención de vehículos.

UNE-EN-10025 Productos laminados en caliente, de acero no aleado para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro.

UNE-EN ISO 1461 Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.

---

*VARIOS*

*Parte*  
**8**

# 800. *Transporte adicional*

## 800.1. Definición

Se define como transporte adicional el correspondiente a recorridos adicionales a los máximos fijados, para cada unidad de obra contratada, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Por tanto, para que el transporte adicional sea considerado como unidad de obra, deberá estar expresamente indicado en dicho Pliego, así como los recorridos máximos antedichos. En caso contrario, se considerará que todo transporte está incluido en la unidad correspondiente, sea cual fuere el recorrido a realizar.

En ningún caso se aplicará este concepto a los transportes que realice el Contratista como consecuencia de haber escogido voluntariamente procedencias de materiales, o zonas de depósito o vertedero, distintas de las que figuran en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto, de las que hayan sido señaladas por el Director de las obras.

## 800.2. Ejecución del transporte

Los transportes adicionales se efectuarán en vehículos adecuados para el material que se desee transportar, provistos de los elementos que se precisen para evitar cualquier alteración perjudicial del material transportado y su posible vertido sobre las rutas empleadas.

## 800.3. Medición y abono

El transporte adicional se abonará por toneladas kilómetro ( $t \times km$ ), obtenidas como producto del peso de materiales a transportar en toneladas (t), por la longitud del recorrido adicional, en kilómetros (km), medidos con arreglo a lo siguiente: La unidad de medida del material a transportar será la misma adoptada en el Contrato para el transporte no abonable del material de que se trate, y, si es preciso, se realizará su conversión al peso en toneladas (t) por medio de unos coeficientes de paso, los cuales, de no estar previstos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, deberán fijarse contradictoriamente por el Contratista y el Director. A no ser que en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se especifique el modo de hacerlo, no se descontará la humedad del peso de materiales a transportar.

La medida del recorrido adicional se expresará en kilómetros (km). La longitud del recorrido adicional se obtendrá deduciendo el máximo de los previstos, para el material de que se trate, de la distancia entre los centros de gravedad, en su posición inicial y final, de los volúmenes transportados del mismo material. Esta distancia se medirá por el Director a lo largo de la ruta transitable más corta de las existentes, incluyendo entre ellas los caminos provisionales que sea necesario habilitar para la realización de la obra, y sea cual fuere la ruta que utilice el Contratista.

---

*ANEXOS*



***Anexo I. Orden de 2 de julio de 1976, por la que se confiere efecto legal a la publicación del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras (PG-3) editado por el servicio de publicaciones del Ministerio, modificado por órdenes de 21 de enero de 1988, 8 de mayo y 28 de septiembre de 1989 (PG-4/1988) (BOE núm. 162, de 7 de julio de 1976, con corrección de errores en BOE núm. 175, de 22 de julio de 1976; BOE núm. 29, de 3 de febrero de 1988, con corrección de errores en núm. 51, de 29 de febrero de 1988; BOE núm. 118, de 18 de mayo de 1989, y BOE núm. 242 de 9 de octubre de 1989); y modificada asimismo por los anexos de la Instrucción sobre Secciones de firmes en autovías, aprobada por OM de 31 de julio de 1986 (BOE de 5 de septiembre).***

Ilustrísimo señor: Publicado por el correspondiente Servicio de la Secretaría General Técnica de este Departamento el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3).

Este Ministerio ha resuelto conferir efecto legal a la citada publicación, que comprende el texto de la Orden Ministerial aprobado en Consejo de Ministros de 6 de febrero de 1976 y el del Pliego anexo.

Lo que digo a V. I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V. I.

Madrid, 2 de julio de 1976.

**ADDENDA**

Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976, por la que se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (PG-3/75).  
(BOE de 7 de julio de 1976)

El Artículo 5.º, Apartado 6.º, de la Ley de Carreteras 51/1974, de 19 de diciembre, faculta al Ministerio de Obras Públicas para dictar las normas técnicas en materia de planificación, proyección, construcción, conservación y explotación relativa a toda clase de carreteras, así como a los caminos de servicio según su naturaleza y la legislación específica de los organismos a los que corresponda su titularidad.

Por otra parte, el Artículo 39 del Reglamento General de Contratación del Estado vigente dispone que los Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales a que hayan de sujetarse las obras contratadas por el Estado serán aprobados por el Gobierno, previo informe de la Junta Consultiva de Contratación Administrativa.

En su virtud, previo el preceptivo informe señalado, con la aprobación del Consejo de Ministros, en su reunión del día 6 de febrero de 1976, este Ministerio ha resuelto:

**Artículo 1.º**

Se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (PG-3/75).

**Artículo 2.º**

El referido Pliego entrará en vigor a partir de los nueve meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

**Artículo 3.º**

Quedan derogadas las disposiciones vigentes que se opongan a lo dispuesto en la presente Orden.

Madrid, 6 de febrero de 1976.



## ***Anexo II. Orden de 27 de diciembre de 1999 por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes en lo relativo a conglomerantes hidráulicos y ligantes hidrocarbonados***

Por Orden de 6 de febrero de 1976 del entonces Ministro de Obras Públicas, se aprobó el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.

Las especificaciones relativas a ligantes bituminosos contenidas en el mismo fueron objeto de una revisión posterior, aprobándose, por Orden de 21 de enero de 1988, modificada parcialmente por Orden de 8 de mayo de 1989, ambas del entonces Ministro de Obras Públicas y Urbanismo, una nueva redacción para ellas e incluyéndose otras relativas a nuevos materiales.

El tiempo transcurrido desde entonces ha aconsejado revisar las citadas especificaciones para adecuarlas al estado actual de la técnica y, asimismo, se han modificado por idéntica razón, las relativas a algunos conglomerantes hidráulicos.

En su virtud, y de conformidad con lo establecido en la Disposición adicional segunda de la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras, y en el artículo 29 y Disposición final única del Reglamento General de Carreteras, aprobado por Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, modificado por Real Decreto 597/1999, de 16 de abril, y cumplidos los trámites establecidos en el Real Decreto 1337/1999, de 1 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, y la Directiva 98/34/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio, modificada por la Directiva 98/48/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de julio,

### **DISPONGO:**

**Artículo 1.** Modificación del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.

Se modifican los artículos: 202 «Cementos»; 211 «Betunes asfálticos»; 213 «Emulsiones bituminosas» y 214 «Betunes fluxados», aprobados: el primero de ellos, por Orden de 6 de febrero de 1976, del entonces Ministro de Obras Públicas, y los restantes por Orden de 21 de enero de 1988, modificada parcialmente por Orden de 8 de mayo de 1989, ambas del entonces Ministro de Obras Públicas y Urbanismo, que quedan redactados como figura en el Anexo a esta Orden.

### **Artículo 2.**

Incorporación de nuevos artículos al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.

Se incorporan al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes los artículos siguientes: 200 «Cales para estabilización de suelos»; 212 «Betunes fluidificados para riegos de imprimación»; 215 «Betunes asfálticos modificados con polímeros» y 216 «Emulsiones bituminosas modificadas con polímeros», con la redacción con que figuran en el Anexo a: esta Orden.

### **Disposición transitoria única. Aplicación a proyectos y obras**

1. Los proyectos de carreteras o de acondicionamiento de las existentes que, a la entrada en vigor de la presente Orden, estuviesen aprobados o en fase de licitación, se regirán por la normativa vigente en el momento en el que se dio la orden de estudio correspondiente.
2. Las obras que estuviesen en fase de realización continuarán ejecutándose, a los efectos de lo dispuesto en esta Orden, de conformidad al proyecto que les dio origen.

### **Disposición derogatoria única. Cláusula derogatoria**

Quedan derogados los artículos siguientes: 200 «Cal aérea»; 201 «Cal hidráulica» y 210 «Alquitranes», del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, aprobados, los dos primeros por Orden de 6 de febrero de 1976, del entonces Ministro de Obras Públicas, y el último por Orden de 21 de enero de 1988, modificada parcialmente por Orden de 8 de mayo de 1989, ambas del entonces Ministro de Obras Públicas y Urbanismo, y aquellas disposiciones de igual o inferior rango que se opongan a lo establecido en ésta.

### **Disposición final única. Entrada en vigor.**

La presente Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

Madrid, 27 de diciembre de 1999

EL MINISTRO DE FOMENTO  
Rafael Arias Salgado Montalvo

# **Anexo III. Orden de 28 de diciembre de 1999 por la que se actualiza el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes en lo relativo a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos**

Por Orden de 6 de febrero de 1976 del entonces Ministro de Obras Públicas, se aprobó el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3/75).

El tiempo transcurrido desde la aprobación del citado Pliego aconseja la revisión y modificación de determinados artículos del mismo, con objeto de adaptarlos a los nuevos materiales existentes, y, asimismo, adoptar nuevas disposiciones relativas a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.

En su virtud, y de conformidad con lo establecido en la Disposición adicional segunda de la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras, y en el artículo 29 y Disposición final única del Reglamento General de Carreteras, aprobado por el Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, y cumplidos los trámites establecidos en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, y la Directiva 98/34/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio, modificada por la Directiva 98/48/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de julio,

## **DISPONGO:**

### **Artículo 1.** *Modificación del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes*

Se modifica el artículo 700 «Marcas viales», del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, aprobado por Orden de 6 de febrero de 1976, del entonces Ministro de Obras Públicas, que queda redactado como figura en el anexo a la presente Orden; dicho artículo se incorpora, dentro del referido Pliego, a la parte séptima del mismo, que se denominará «Elementos de 11 señalización, balizamiento y defensa de las carreteras».

### **Artículo 2.** *Incorporación de nuevos artículos al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.*

Se incorporan al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, en su parte séptima, «Elementos de señalización, balizamiento y defensa de las carrete-

ras», los artículos siguientes: 701 «Señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes»; 702 Captafaros retroflectantes»; 703 «Elementos de balizamiento retrorreflectantes» y 704 « Barreras de seguridad», con el contenido con que figuran en el anexo a la presente Orden.

### **Disposición transitoria única.** *Aplicación a proyectos y obras*

1. Los elementos de señalización, balizamiento y defensa, que actualmente estén en funcionamiento continuarán en servicio hasta su reposición, en cuyo momento se aplicará lo dispuesto en esta Orden.
2. Los estudios de proyectos de carreteras o de acondicionamiento de los existentes, que a la entrada en vigor de la presente Orden estuvieren en fase de redacción, aprobación o aprobados, se regirán por la normativa vigente en el momento de iniciarse aquéllos, salvo que por el órgano directivo competente se decidiera su acomodación a lo establecido en la presente Orden.
3. Las modificaciones de proyectos aprobados definitivamente, se regirán, salvo decisión del órgano directivo competente, por lo establecido en la presente Orden.

### **Disposición derogatoria única.** *Cláusula derogatoria*

Quedan derogados los artículos: 278 «Pinturas a emplear en marcas viales reflexivas»; 279 «Pinturas para la imprimación anticorrosiva de superficies de materiales féreos a emplear en señales de circulación»; 289 «Microesferas de vidrio a emplear en marcas viales reflexivas»; y 701 «Señales de circulación» del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3/75) aprobado por Orden de 6 de febrero de 1976 del entonces Ministro de Obras Públicas.

### **Disposición final única.** *Entrada en vigor*

La presente Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

Madrid, 28 de diciembre de 1999

EL MINISTRO DE FOMENTO  
Rafael Arias Salgado Montalvo

## ***Anexo IV. Orden FOM/475/2002, de 13 de febrero, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes relativos a Hormigones y Aceros***

Por Orden de 6 de febrero de 1976 del entonces Ministro de Obras Públicas, se aprobó el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.

Las especificaciones relativas a barras lisas y barras corrugadas para hormigón armado, mallas electrosoldadas, así como alambres, torzales, cordones, cables, barras y accesorios para hormigón pretensado, fueron objeto de revisión por Orden de 21 de enero de 1988 del entonces Ministro de Obras Públicas y Urbanismo.

El tiempo transcurrido durante su período de vigencia, y las numerosas actuaciones llevadas a cabo en las últimas décadas en materia de infraestructuras viales, han supuesto una acumulación muy importante de experiencia. A ello se ha unido el desarrollo técnico experimentado en la investigación sobre el comportamiento de los hormigones y aceros, la innovación tecnológica de la maquinaria y los métodos de construcción y el desarrollo de sistemas de aseguramiento y control de la calidad.

Por las razones expuestas resulta oportuna la revisión de las especificaciones relativas a hormigones y aceros para adecuarlas al estado actual de la técnica, y en particular, en el caso del hormigón armado, para adaptarse a la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, aprobada por Real Decreto 2661/1998, de 11 de diciembre, modificado por Real Decreto 996/1999, de 11 de junio.

En su virtud, y de conformidad con lo establecido en la Disposición adicional segunda de la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras, y en los artículos 29 y 40, y en la disposición final única del Reglamento General de Carreteras, aprobado por Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, modificado por Real Decreto 597/1999, de 16 de abril, y cumplidos los trámites establecidos en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, y en la Directiva 98/34/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio, modificada por la Directiva 98/48/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de julio

### **DISPONGO:**

Primero. *Modificación del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes*

Se modifican los artículos 243 «Alambres para hormigón pretensado»; 248 «Accesorios para hormigón pretensado»; 280 «Agua para emplear en morteros y hormigones»; 285 «Productos filmógenos de curado» y 610 «Hormigones», aprobados los dos primeros por Orden de 21 de enero de 1988 del entonces Ministro de Obras Públicas y Urbanismo, y los restantes por Orden de 6 de febrero de 1976, del entonces Ministro de Obras Públicas, que quedan redactados como figura en el anejo a esta Orden.

Segundo. *Incorporación de nuevos artículos al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes*

Se incorporan al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes los artículos siguientes: 240 «Barras corrugadas para hormigón estructural»; 241 «Mallas electrosoldadas»; 242 «Armaduras básicas electrosoldadas en celosía»; 244 «Cordones de dos (2) o tres (3) alambres para hormigón pretensado»; 245 «Cordones de siete (7) alambres para hormigón pretensado»; 246 «Tendones para hormigón pretensado»; 247 «Barras de pretensado»; 281 «Aditivos a emplear en morteros y hormigones»; 283 «Adicciones a emplear en hormigones»; 287 «Poliestireno expandido para empleo en estructuras», 610A «Hormigones de alta resistencia» y 620 «Perfiles y chapas de acero laminados en caliente, para estructuras metálicas», con la redacción con que figuran en el anejo a esta Orden.

Tercero. *Disposición transitoria única. Aplicación a proyectos y obras*

1. Los proyectos de carreteras de nueva construcción o de acondicionamiento de las existentes que, a la entrada en vigor de esta Orden, estuviesen aprobados o en fase de licitación, se regirán por la normativa vigente en el momento en el que se dio la orden de estudio correspondiente.

2. Las obras que estuviesen en fase de realización continuarán ejecutándose, a los efectos de lo dispuesto en esta Orden, de conformidad al proyecto que les dio origen.

Cuarto. *Disposición derogatoria. Cláusula derogatoria*

Quedan derogados los artículos siguientes del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes: 240 «Barras lisas para hormigón armado»; 241 «Barras corrugadas para hormigón armado»; 242 «Mallas electrosoldadas»; 244 «Torzales para hormigón pretensado»; 245 «Cordones para hormigón pretensado»; 246 «Cables para hormigón pretensado»; 247 «Barras para hormigón pretensado»; 250 «Acero laminado para estructuras metálicas»; 251 «Acero laminado resistente a la corrosión para estructuras metálicas»; 252 «Acero forjado»; 253 «Acero moldeado», 254 «Aceros inoxidables para aparatos de apoyo»; 260 «Bronce a emplear en apoyos»; 261 «Plomo a emplear en juntas y apoyos»; 281 «Aireantes a emplear en hormigones»; 283

«Plastificantes a emplear en hormigones»; 285 «Productos filmógenos de curado»; 287 «Poliestireno expandido» y 620 «Productos laminados para estructuras metálicas»; aprobados los siete primeros por Orden de 21 de enero de 1988 del entonces Ministro de Obras Públicas y Urbanismo, y los restantes por Orden de 6 de febrero de 1976, del entonces Ministerio de Obras Públicas, y aquellas disposiciones de igual o inferior rango que se opongan a lo establecido en ésta.

Quinto. *Disposición final única. Entrada en vigor*

Esta Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el 2Boletín Oficial del Estado».

Madrid, 13 de febrero de 2002.

Álvarez-Cascos Fernández

## ***Anexo V. Orden FOM/1382/2002, de 16 de mayo, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes relativos a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones***

Por Orden de 6 de febrero de 1976, del entonces Ministerio de Obras Públicas, se aprobó el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes.

El tiempo transcurrido desde entonces y las numerosas actuaciones llevadas a cabo en las últimas décadas en materia de infraestructura de carreteras, así como la aparición de nuevos materiales y técnicas constructivas han permitido acumular importantes experiencias en lo que al proyecto y construcción de las mismas se refiere, ello aconseja la revisión de las especificaciones relativas a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones.

En su virtud, y de conformidad con lo establecido en la disposición adicional segunda de la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras, y en los artículos 29 y 40 y en la disposición final única del Reglamento General de Carreteras, aprobado por Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, modificado por Real Decreto 597/1999, de 16 de abril, y cumplidos los trámites establecidos en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y recomendaciones técnicas y reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, y en la Directiva 98/34/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio, modificada por la Directiva 98/48/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de julio,

### **DISPONGO:**

Primero. *Modificación del Pliego de Prescripciones Generales para las Obras de Carreteras y Puentes*

Se modifican los artículos 300 «Desbroce del terreno»; 301 «Demoliciones»; 302 «Escarificación y compactación»; 303 «Escarificación y compactación del firme existente»; 304 «Prueba con supercompactador»; 320 «Excavación de la explanación y préstamos»; 321 «Excavación en zanjas y pozos»; 322 «Excavación especial de taludes en roca»; 330 «Terraplenes»; 331 «Pedraplenes»; 332 «Rellenos localizados»; 340 «Terminación y refino de la explanada»; 341 «Refino de taludes»; 410 «Arquetas y pozos de registro»; 411 «Imbornales y sumideros»; 412

«Tubos de acero corrugado y galvanizado»; 658 «Escarifica de piedras sueltas»; 659 «Fábrica de gaviones»; 670 «Cimentaciones por pilotes hincados a percusión»; 671 «Cimentaciones por pilotes de hormigón armado moldeados in situ»; 672 «Pantallas continuas de hormigón armado moldeadas in situ», y 673 «Tablestacados metálicos», aprobados por Orden de 6 de febrero de 1976, del entonces Ministro de Obras Públicas, que quedan redactados como figura en el anejo de esta Orden.

Segundo. *Incorporación de nuevos artículos al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes*

Se incorporan al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes los artículos siguientes: 290 «Geotextiles»; 333 «Rellenos todo-uno»; 400 «Cunetas de hormigón efectuadas en obra»; 401 «Cuentas prefabricadas»; 420 «Zanjas drenantes»; 421 «Rellenos localizados de material drenante»; 422 «Geotextiles como elementos de separación y filtro»; 675 «Anclajes»; 676 «Inyecciones», y 677 «Jet grouting», con la redacción con que figuran en el anejo a esta Orden.

Tercero. *Disposición transitoria única. Aplicación a proyectos y obras*

1. Los proyectos de carreteras de nueva construcción o de acondicionamiento de las existentes que, a la entrada en vigor de esta Orden estuviesen aprobados o en fase de licitación se regirán por la normativa vigente en el momento en el que se dio la orden de estudio correspondiente.

2. Las obras que estuviesen en fase de realización continuarán ejecutándose, a los efectos de lo dispuesto en esta Orden, de conformidad al proyecto que les dio origen.

Cuarto. *Disposición derogatoria. Cláusula derogatoria*

Quedan derogados los artículos siguientes del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carre-

teras y Puentes: 400 «Cunetas y acequias de hormigón ejecutadas en obra»; 401 «Cunetas y acequias prefabricadas de hormigón»; 420 «Drenes subterráneos»; 421 «Rellenos localizados de material filtrante», y 674 «Cimentaciones por cajones indios de hormigón armado», aprobados por Orden de 6 de febrero de 1976, del entonces Ministro de Obras Públicas, y aquellas disposiciones de igual o inferior rango que se opongan a lo establecido en ésta.

Quinto. *Disposición final única. Entrada en vigor*

Esta Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Madrid, 16 de mayo de 2002.

Álvarez-Cascos Fernández

## ***Anexo VI. Orden FOM/891/2004, de 1 de marzo de 2004, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, relativos a firmes y pavimentos***

Por Orden de 6 de febrero de 1976 del entonces Ministro de Obras Públicas, se aprobó el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

Unas prescripciones técnicas particulares sobre hormigón compactado, hormigón magro, subbases granulares y zahorra artificial para su aplicación en autovías fueron incluidas en la Instrucción de la Dirección General de Carreteras sobre secciones de firmes en autovías, aprobada por Orden del entonces Ministro de Obras Públicas y Urbanismo, de 31 de julio de 1986, que fue posteriormente derogada por la Orden de 23 de mayo de 1989. Esta última fue, asimismo, derogada mediante la entrada en vigor de la Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, del Ministro de Fomento por la que se aprueba la norma 6.1-IC «Secciones de firme», de la Instrucción de Carreteras.

La evolución tecnológica en la construcción de capas de firmes y pavimentos, la experiencia acumulada en la aplicación de nuevos materiales y unidades de obra, así como la necesidad de aprovechamiento y/o reutilización de residuos, subproductos, materiales de demolición de firmes, pavimentos y hormigones, etc., tendente al ahorro de recursos naturales y a la minimización de los impactos ambientales, aconsejan una revisión de los artículos correspondientes a capas de firmes y pavimentos de carretera.

Esta disposición ha sido sometida al procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y de reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, previsto en la Directiva 98/34/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, modificada por la Directiva 98/48/CE, de 20 de julio de 1998, así como en el Real decreto 1337/1999, de 31 de julio, que incorpora estas directivas al ordenamiento jurídico español y, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 24.1.c) de la Ley 50/1997, de 27 de noviembre, del Gobierno, al trámite de audiencia que en ella se establece, habiéndose remitido a los sectores afectados.

En su virtud, de conformidad con lo establecido en la Disposición adicional segunda de la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras, y en los artículos 29, 40, 51 y en la Disposición final única del Reglamento General de Carreteras, aprobado por Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, modificado por Real Decreto 597/1999, de 16 de abril,

**DISPONGO:**

Primero. *Incorporación de nuevos artículos al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)*

Se incorporan al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes los artículos siguientes: 510 «Zahorras», 512 «Suelos estabilizados in situ», 513 «Materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento)», 530 «Riegos de imprimación», 531 «Riegos de adherencia», 532 «Riegos de curado», 540 «Lechadas bituminosas», 542 «Mezclas bituminosas en caliente», 543 «Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura», 550 «Pavimentos de hormigón» y 551 «Hormigón magro vibrado», con la redacción con que figuran en el Anejo a esta Orden.

### **Disposición transitoria única. Aplicación a proyectos y obras.**

1. Los proyectos que se encuentren en fase de redacción, a la entrada en vigor de esta Orden, se desarrollarán conforme a lo establecido en ella.
2. A las obras que se encuentren en fase de licitación, realización y a aquellas que se ejecuten en desarrollo de proyectos que ya estuviesen aprobados a la entrada en vigor de esta Orden, no les será de aplicación lo dispuesto en la misma.

### **Disposición derogatoria. Cláusula derogatoria.**

Uno. A la entrada en vigor de esta Orden, quedan derogados los artículos siguientes del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes: 203 «Yesos y escayolas», 220 «Baldosas de cemento», 221 «Ladrillos huecos», 222 «Ladrillos macizos», 223 «Ladrillos perforados», 500 «Subbases granulares», 501 «Zahorra artificial», 502 «Macadam», 510 «Suelos estabilizados in situ con cal», 511 «Suelos estabilizados con productos bituminosos», 512 «Suelos estabilizados con cemento», 513 «Grava-cemento», 514 «Grava-emulsión», 515 «Grava-escoria», 530 «Riegos de imprimación», 531 «Riegos de adherencia», 532 «Tratamientos superficiales», 533 «Macadam bituminoso por penetración con ligantes viscosos», 534 «Macadam bituminoso por penetración con ligantes fluidos», 540 «Tratamientos superficiales con lechada bituminosa», 541 «Mezclas bituminosas en frío», 542 «Mezclas bituminosas



en caliente», 550 «Pavimentos de hormigón», 560 «Adoquines de piedra labrada» y 570 «Bordillos», 650 «Chapados de piedra», 651 «Mampostería careada», 652 «Mampostería concentrada», 653 «Mampostería descafilada», 654 «Mampostería en seco», 655 «Mampostería ordinaria», 656 «Sillería» y 657 «Fábricas de ladrillo», aprobados por Orden de 6 de febrero de 1976, del entonces Ministro de Obras Públicas, y aquellas disposiciones de igual o inferior rango que se opongan a lo establecido en ésta.

Dos. A la entrada en vigor de esta Orden, queda derogada la Orden de 18 de diciembre de 1992, del entonces Ministro de Obras Públicas y Transportes, por la que se aprueba la Instruc-

ción para la recepción de cales en obras de estabilización de suelos (RCA-92).

**Disposición final única. Entrada en vigor.**

Esta Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

Madrid, 1 de marzo de 2004

Francisco Álvarez-Cascos Fernández

# **Anexo VII. Real Decreto 2661/1998, de 11 de diciembre, por el que se aprueba la «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)». Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares**

## **Artículo 4.º Documentos del Proyecto**

### **4.1. Generalidades**

En las obras que contraten o ejecuten las Administraciones Públicas se estará a lo dispuesto en la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, en el Reglamento General de Contratación del Estado y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de obras del Estado, vigentes.

Todo Proyecto comprenderá:

- Una Memoria en la que se describa el objeto de las obras que recogerá los antecedentes y situación previa a las mismas, las necesidades a satisfacer y la justificación de la solución adoptada, detallándose los factores de todo orden a tener en cuenta.
- Los planos de conjunto y de detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida, así como los que delimiten la ocupación de terrenos y la restitución de servidumbres y demás derechos reales, en su caso, y servicios afectados por su ejecución.
- El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares donde se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución con expresión de la forma en que ésta se llevará a cabo, de la medición de las unidades ejecutadas y el control de calidad y de las obligaciones de orden técnico que correspondan al contratista.
- Un estudio geotécnico de los terrenos sobre los que la obra se va a ejecutar, salvo cuando resulte incompatible con la naturaleza de la obra.
- Un presupuesto, integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios y de los descompuestos, en su caso, estado de mediciones y los detalles precisos para su valoración.
- Un programa de desarrollo de los trabajos o plan de obra de carácter indicativo con previsión, en su caso, del tiempo y coste.
- Las referencias de todo tipo en que se fundamentará el replanteo de la obra.
- Cuanta documentación venga prevista en normas de carácter legal o reglamentario.

En todo caso, los distintos documentos que en su conjunto constituyan un Anteproyecto, Estudio o Proyecto

de cualquier clase deberán estar definidos en forma tal que otro facultativo competente distinto del autor de aquellos, los pueda interpretar y dirigir, con arreglo a los mismos.

### **4.2. Memoria**

#### *4.2.1. Normas generales*

Serán factores que habrá que considerar en la Memoria, los sociales, económicos, estéticos y de impacto ambiental. Se presentarán asimismo la justificación adoptada, en sus aspectos técnico y económico, así como las características de todas y cada una de las obras proyectadas. Se indicarán en ella los datos previos, métodos de cálculo, modalidades de control previstas y ensayos efectuados, cuyos detalles y desarrollo se incluirán en anejos especiales.

También figurarán en otros anejos: el estudio del terreno de cimentación, los materiales y los ensayos realizados con los mismos, la justificación del cálculo y los precios adoptados, las bases fijadas para la valoración de las unidades de obra y de las partidas alzadas propuestas, el presupuesto de las obras y el importe previsible de las expropiaciones necesarias y de restablecimiento de servicio y servidumbres afectados, en su caso.

#### *4.2.2. Anejo de Cálculo*

En la Memoria de todos los Proyectos deberá figurar un Anejo de Cálculo, en donde se justifique razonadamente, con arreglo a las normas prescritas en esta Instrucción, el cumplimiento de las condiciones que se exigen a la estructura en su conjunto y a cada una de las partes en que puede suponerse dividida, con objeto de garantizar la seguridad y el buen servicio de la misma.

Su contenido y presentación deben ser tales que los cálculos puedan reproducirse por terceros. A tal efecto se incluirán:

- a) Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal de cálculo, que se describirá detalladamente, indicando el tipo estructural

adoptado para el conjunto y sus partes, incluyendo dimensiones, características mecánicas de las secciones necesarias, tipos de conexiones en los nudos y condiciones de sustentación.

- b) Las indicaciones necesarias para identificar el elemento que se calcula mediante las oportunas referencias a los planos o a los croquis suplementarios.
- c) Las características resistentes y de deformación supuestas para los materiales de la estructura y, en su caso, para el terreno que la sustenta.
- d) Las acciones consideradas, las posibles combinaciones y los coeficientes de seguridad a tener en cuenta en cada caso.
- e) El análisis efectuado. En particular, se precisará si es estático o dinámico, lineal o no lineal, así como el tipo de discretización adoptada para la estructura (barras, elementos finitos, bandas finitas, etc.).

Cuando no se utilice la notación de esta Instrucción, se darán las equivalencias entre los símbolos empleados y los definidos en la misma. Si no es posible dar esta equivalencia se definirán detalladamente dichos símbolos.

#### 4.2.3. Cálculos con ordenador

##### 4.2.3.1. Utilización de programas

Cuando se efectúen cálculos con ayuda de ordenador, el Anejo de Cálculo se complementará con apartados específicos que contengan las diferentes etapas resueltas con programas distintos, debiendo dichos apartados constituir unidades completas y ordenadas.

De cada programa utilizado se indicará su identificación, su objeto y su campo de aplicación.

##### 4.2.3.2. Presentación de datos y resultados

El listado de datos contendrá tanto los datos introducidos por el proyectista como los generados por el programa, de forma que queden definidas todas las características consideradas, debiendo contener indicaciones concretas sobre notación, unidades y criterios de signos de las magnitudes utilizadas.

El listado de salida definirá los resultados necesarios para justificar adecuadamente la solución obtenida.

#### 4.3. Planos

Los planos deberán ser suficientemente descriptivos para la exacta realización de la obra, a cuyos efectos se podrán deducir también de ellos los planos auxiliares de obra o de taller y las mediciones que sirvan de base para las valoraciones pertinentes.

Las dimensiones en todos los planos se acotarán en metros y con dos cifras decimales, por lo menos. Como excepción, los diámetros de armaduras, tuberías, etc., se expresarán en milímetros, colocando detrás del símbolo [ la cifra que corresponda.

Deberán poder efectuarse, salvo en casos especiales, las mediciones de todos los elementos sin utilizar más di-

mensiones que las acotadas. En particular, de no incluirse despiece detallado de las armaduras, deberán poder deducirse directamente de los planos todas las dimensiones geométricas de las mismas, mediante las oportunas notas o especificaciones complementarias que las definan inequívocamente.

Contendrán todos los detalles necesarios y, en particular, los detalles de los dispositivos especiales, tales como los de apoyo o de enlace.

Igualmente, cuando proceda, se harán indicaciones sobre las contraflechas que convenga establecer en los encofrados de acuerdo con el proceso de ejecución propuesto.

En cada plano de la estructura figurará un cuadro con la tipificación de los hormigones (de acuerdo con 39.2), las propiedades específicas para los mismos, así como las características resistentes de los aceros empleados en los elementos que define el plano. Asimismo, figurarán las modalidades de control previstas y los coeficientes de seguridad adoptados para el cálculo.

En el caso de hormigón pretensado deberá figurar el programa de tesado, de acuerdo con 67.8.2.

Corresponde al Proyectista fijar la resistencia mínima que debe poseer el hormigón de la pieza en el momento del tesado y anclaje de las armaduras, así como las tensiones máximas admisibles en dicho hormigón, en las diferentes etapas del proceso de tesado.

#### 4.4. Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

A los efectos de regular la ejecución de las obras, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá consignar, expresamente o por referencia a Instrucciones, Reglamentos o Normas las características que hayan de reunir los materiales y las distintas unidades de obra, las modalidades de control especificadas para los materiales y la ejecución y, en su caso, las tolerancias dimensionales de los elementos acabados. En ningún caso contendrán estos Pliegos declaraciones o cláusulas de carácter económico que deban figurar en el Pliego de Cláusulas Administrativas. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá, específicamente, los siguientes datos relativos a los materiales que habrán de utilizarse en obra:

- Tipo, clase resistente y características adicionales, en su caso, del cemento.
- Tipos de acero, tanto para armaduras activas como pasivas.
- Tipificación de los hormigones, de acuerdo con el formato indicado en 39.2.

Si, como es frecuente, para una misma obra se prevén distintos tipos de un mismo material, se detallarán separadamente cada uno de ellos, indicándose las zonas en que habrán de ser empleados.

Cuando para un material se exijan características especiales cuya determinación haya de hacerse mediante métodos de ensayo no incluidos en la normativa existente, el Pliego deberá fijar, de un modo concreto, los valores que deban alcanzar dichas características y los procedimientos de ensayo que hayan de seguirse para medirlos.

Cuando el proceso de ejecución de la obra requiera condiciones especiales, éstas deberán detallarse al máximo, indicándose entre ellas:

- disposición de cimbras y encofrados, cuando no sean los usuales;
- proceso de hormigonado, con especial referencia a las juntas (de retracción, de hormigonado, etc.);
- proceso de tesado e inyección, en el caso de hormigón pretensado;
- proceso de desencofrado y descimbrado;
- tolerancias dimensionales.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares exigirá, cuando se estime oportuno, que en el lugar adecuado de la obra se coloque una placa que indique el valor máximo de la carga para la cual se propone la utilización de la estructura. La colocación de la citada placa puede resultar oportuna en obras en las que convenga llamar la atención del usuario sobre la magnitud de las cargas.

Igualmente detallará las formas de medición y valoración de las distintas unidades de obra y las de abono de las partidas alzadas, establecerá el plazo de garantía y especificará las normas y pruebas previstas para las recepciones.

#### 4.5. Presupuesto

El Presupuesto estará integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios descompuestos, estados de cubicaciones o mediciones y los detalles precisos para su valoración.

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se basará en la determinación de los costes directos o indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Se considerarán costes indirectos: los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para los trabajadores, laboratorios, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra, y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquellos que figuran en el Presupuesto, valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el técnico Autor del Proyecto a la

vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su posible plazo de ejecución.

En particular deberá figurar de forma explícita el coste del control, obtenido de acuerdo con las modalidades adoptadas para el mismo.

Se denominará Presupuesto de Ejecución Material el resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario, y de las partidas alzadas.

En el caso de obras de la Administración General del Estado o de sus Organismos Autónomos, se tendrán en cuenta, además, las normas complementarias de aplicación al cálculo de los precios unitarios que para los distintos Proyectos elaborados por sus servicios haya dictado cada Departamento Ministerial.

#### 4.6. Programa de trabajo

El programa de trabajo especificará los plazos en los que deberán ser ejecutadas las distintas partes fundamentales en que pueda descomponerse la obra, determinándose los importes que corresponderá abonar al término de cada uno de aquéllos.

#### 4.7. Modificaciones del Proyecto

En los casos en que el Proyecto experimente modificaciones a lo largo de la ejecución de la obra, se rectificarán convenientemente y antes de su ejecución, cuantas veces sea necesario, los cálculos, planos y demás documentos afectados por esas modificaciones, de tal manera que la obra terminada resulte exactamente definida en los documentos rectificadores finales. Además, y para evitar confusiones, se cancelarán todos los documentos que hayan resultado modificados.

#### 4.8. Aplicación preferente de la legislación de contratos de las Administraciones Públicas

En caso de presentarse cualquier conflicto o dificultad motivado por diferencias o posibles discrepancias entre la vigente legislación de contratos de las Administraciones Públicas y el contenido de la Instrucción, en lo que se refiere a este capítulo que puedan dar lugar a interpretaciones distintas o a colisión de disposiciones, se entenderá que prevalece siempre la referida legislación de contratos.

#### 4.9. Documentación final de la obra

La Dirección de Obra entregará a la Propiedad, en el momento de finalizar aquella, al menos la siguiente documentación: una memoria que recoja las incidencias principales de su ejecución, una colección de planos que reflejen el estado final de la obra tal como ha sido construida, así como una demostración documental de que se han cumplido las especificaciones que se prescriben en el Título 6.º *Control* de esta Instrucción.

---

***ANEXO PG-4***

A large, teal-colored, trapezoidal shape is positioned on the right side of the page, tilted slightly to the left. It has a gradient from a lighter teal at the top to a darker teal at the bottom.

## *Orden Circular 8/01 sobre reciclado de firmes*

El reciclado de firmes existentes comprende una serie de técnicas constructivas tendentes al aprovechamiento integral de materiales envejecidos de firmes y pavimentos que desde la crisis energética de los años setenta vienen empleándose cada vez con más profusión en la rehabilitación estructural de los firmes de carretera. En el caso de los realizados in situ se ha producido en la última década un significativo desarrollo en los equipos y en los sistemas constructivos empleados en su ejecución, con máquinas específicas para esa labor, que han permitido a su vez el desarrollo y potenciación de estas técnicas.

Tanto las obras realizadas en los últimos diez años y la experiencia adquirida en ellas, como la necesidad de considerar las técnicas de reciclado como alternativas, por consideraciones ambientales, de seguridad vial y económicas, en los proyectos de rehabilitación de firmes aconsejan la redacción de unas especificaciones sobre las técnicas de reciclado de firmes.

El anejo de esta Orden Circular hace referencia a las tres técnicas más idóneas en el momento actual para la situación (tipología de las secciones estructurales y sus deterioros) existente en los firmes y pavimentos en nuestro país. Las técnicas aludidas son: el reciclado in situ con emulsión de capas bituminosas, el reciclado in situ con cemento de capas de firme y el reciclado en central en caliente de capas bituminosas, desarrollándose para cada uno de estos tipos de reciclado un artículo específico de prescripciones técnicas generales.

Estos artículos son los tres primeros del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4), con los cuales se inicia su redacción.

Los artículos 29, 40 y 51 del Reglamento General de Carreteras, aprobado por el Real Decreto 1812/94, de 2 de septiembre, modificado por los Reales Decretos 1911/97, de 19 de diciembre; 597/99, de 16 de abril, y 114/01, de 9 de febrero, facultan al Ministro de Fomento, a propuesta de la Dirección General de Carreteras, para aprobar las normas e instrucciones a las que deban sujetarse los estudios, los trabajos y obras de construcción y los trabajos y obras de explotación de las carreteras estatales.

No obstante, resulta inexcusable el cumplimiento del procedimiento de información en materia de normas y regla-

mentaciones técnicas establecido en la Directiva 98/34/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio, y en el Real Decreto 1337/99, de 31 de julio, proceso que, aunque ya iniciado, consumirá algún tiempo.

Por todo lo indicado, mientras que los artículos en fase de aprobación del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4), que incluyen a los que se refiere esta Orden Circular, superan la tramitación en el ámbito europeo y son aprobados por el Ministro de Fomento y debido a la urgencia de contar con unas prescripciones técnicas para el proyecto y la ejecución del reciclado de firmes, cuya redacción ha sido suficientemente difundida y contrastada, la Dirección General de Carreteras ha dispuesto lo siguiente:

### **1.**

Serán de aplicación en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares para obras de conservación de carreteras, los artículos:

- Artículo 20. Reciclado in situ con emulsión de capas bituminosas.
- Artículo 21. Reciclado in situ con cemento de capas firme.
- Artículo 22. Reciclado en central en caliente de capas bituminosas.

que se recogen como anejo a esta Orden Circular.

### **2.**

Por consideraciones ambientales y de reutilización de los materiales existentes en los firmes y pavimentos, en las actuaciones cuya superficie de rehabilitación sea superior a 70.000 m<sup>2</sup>, se deberán tener en cuenta, en el análisis de soluciones para el proyecto de rehabilitación del firme, las técnicas de reciclado con las limitaciones y prescripciones indicadas en los puntos 3 y 4.

### **3.**

Los criterios de aplicación de las técnicas de reciclado de firmes serán los siguientes:

- En carreteras con categoría de tráfico pesado T00 no se podrán utilizar en ningún caso materiales reciclados.
- En carreteras con categoría de tráfico pesado T0 no se podrán utilizar en ningún caso las técnicas de reciclado in situ en frío (con emulsión bituminosa o con cemento). Únicamente se podrán emplear mezclas bituminosas en caliente recicladas en central en el recrecimiento de arcenes, siempre que sobre ellas se disponga posteriormente como mínimo una capa de rodadura. También podrá ser aplicable este último tipo de material reciclado en capas de reposición en calzada cuando sobre ellas se coloquen capas de recrecimiento con mezclas bituminosas en caliente en un espesor total mínimo de 10 cm.
- En carreteras con categoría de tráfico pesado T1 se podrán utilizar las mezclas bituminosas en caliente recicladas en central en los mismos supuestos indicados para la categoría de tráfico pesado T0, considerando, en este caso, que sobre las capas de reposición con mezclas bituminosas recicladas en central se coloquen capas de recrecimiento con mezclas bituminosas en caliente en un espesor total mínimo de 6 cm. Además podrán emplearse mezclas bituminosas recicladas in situ con emulsión bituminosa en arcenes cuando sobre este material se disponga, como mínimo, una capa de

rodadura. También podrá ser aplicable este último tipo de material reciclado en capas de reposición en calzada cuando sobre ellas, se coloquen capas de recrecimiento con mezclas bituminosas en caliente en un espesor total mínimo de 8 cm.

- Para carreteras con categorías de tráfico pesado T2 a T4, incluidas las vías de servicio no agrícolas de autovías y autopistas, podrán utilizarse todas las técnicas de reciclado indicadas, así como el reciclado in situ con cemento, con la condición de disponer sobre cualquiera de ellas, como mínimo, una capa de mezcla bituminosa en caliente del tipo densa (D) o semidensa (S).

#### 4.

El dimensionamiento de las secciones de firme con materiales reciclados se realizará mediante un estudio especial en el que se incluya la identificación más completa posible del material a reutilizar. Se determinará la ley de fatiga del producto resultante y, en su defecto, se efectuará la evaluación de los espesores necesarios de acuerdo con la Orden Circular 323/97 T, o la que próximamente la sustituya, adoptando como simplificación los coeficientes de equivalencia recogidos en la tabla siguiente:

Material	Coficiente	Ley de fatiga	Limitaciones
Mezcla bituminosa en caliente (tipo D, S y G)	1	$\epsilon_r = 6,925 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-0,27243}$	—
Reciclado en caliente de capas bituminosas <sup>(1)</sup>	0,8 a 1	Ley específica	Espesores entre 6 y 15 cm
Reciclado in situ con emulsión de capas bituminosas <sup>(2)</sup>	0,75	Ley específica	Espesores entre 6 y 12 cm
Reciclado in situ con cemento de capas de firme	Material semejante al suelocemento		Espesores entre 20 y 30 <sup>(3)</sup> cm

<sup>(1)</sup> Fabricación en central (su coeficiente de equivalencia dependerá de la proporción de material reciclado utilizado).

<sup>(2)</sup> Material reciclado 100% mezcla bituminosa.

<sup>(3)</sup> Este valor se podrá subir a 35 siempre y cuando el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especifique sistemas constructivos que garanticen una compacidad uniforme en todo el espesor de la capa.

#### 5.

El ámbito de aplicación de la presente Orden Circular y de su anejo se circunscribe a los siguientes tipos de proyectos y obras de actuaciones en general:

- Proyectos de rehabilitación de firmes de carreteras, cuya Orden de Estudio se autorice, o se encuentre en fase de redacción, con posterioridad a la fecha de entrada en vigor de esta Orden Circular.
- En el caso de obras en fase de licitación o adjudicadas, se elevará consulta a las Subdirecciones Generales de Construcción o de Conservación y Explotación de esta

Dirección General, según corresponda, acerca de la conveniencia de proceder o modificar el proyecto o el contrato para adecuarlo a lo previsto en esta Orden Circular.

#### 6.

La presente Orden Circular entrará en vigor a partir del día 18 de enero de dos mil dos.

Madrid, 27 de diciembre de 2001.

El Director General de Carreteras



## Artículo 20. Reciclado *in situ* con emulsión de capas bituminosas

### 20.1. Definición

Se define como reciclado *in situ* con emulsión de capas bituminosas la mezcla homogénea, convenientemente extendida y compactada, del material resultante del fresado de una o más capas de mezcla bituminosa de un firme existente en un espesor comprendido entre seis (6) y doce centímetros (12 cm), emulsión bituminosa, agua y, eventualmente, aditivos. Todo el proceso de ejecución de esta unidad de obra se realizará a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar.

A efectos de aplicación de este artículo el material definido en el párrafo anterior sólo se considerará válido cuando el noventa por ciento (90%) o más del espesor de las capas a reciclar sean mezclas con ligantes hidrocarbonados.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Estudio previo de los materiales.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo para cada tramo de características distintas.
- Fresado de la parte de firme a reciclar.
- Incorporación de emulsión, agua y aditivos.
- Mezcla y extensión.
- Compactación de la mezcla bituminosa reciclada.
- Curado y, en su caso, ejecución de un riego de protección.

### 20.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/92 (modificado por el Real Decreto 1328/95), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE; en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.º.

Independientemente de lo anterior, se estará en todo caso además a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

#### 20.2.1. Emulsión bituminosa

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los tipos de emulsión bituminosa a emplear, que, salvo justifi-

ficación en contrario, cumplirán las prescripciones del artículo 213 o del artículo 216 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

El tipo de emulsión bituminosa a emplear será alguno de los siguientes: ECL-2, ECL-2b y ECL-2-m.

En caso de utilizar emulsiones con adiciones para controlar la rotura o mejorar sus propiedades, no incluidas en los artículos 213 o 216 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), éstas no deberán contener fluidificantes, y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, establecerá el tipo de adición y las especificaciones que deberán cumplir, tanto la emulsión bituminosa y su ligante residual, como la unidad de obra terminada.

#### 20.2.2. Material que se vaya a reciclar

##### 20.2.2.1. Características generales

El material que se vaya a reciclar estará constituido por un conjunto de partículas pétreas, recubiertas o no por ligante hidrocarbonado envejecido, resultantes del fresado de la parte del firme existente en la profundidad establecida.

El Director de las Obras, de acuerdo con las características y el estado de las capas del firme, determinará si existen zonas en las que no deba utilizarse el material existente. En tal caso los materiales se retirarán y transportarán a un lugar autorizado y se sustituirán por un material aprobado por el Director de las Obras, que podrá ser material fresado procedente de localizaciones distintas a la que se esté reciclando.

Se prohíbe expresamente reciclar el material procedente de pavimentos con deformaciones plásticas.

##### 20.2.2.2. Granulometría

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el huso en que debe encontrarse la curva granulométrica de las partículas del material a reciclar que será uno de los indicados en la tabla 20.1. El análisis granulométrico se realizará según la UNE-EN 933-1.

Salvo justificación en contrario, el huso RE1 será de utilización para aplicaciones con espesores superiores a diez centímetros (10 cm) y el huso RE2 para espesores comprendidos entre seis (6) y diez centímetros (10 cm).

**Tabla 20.1.**  
**Husos granulométricos. Cernido acumulado (% en masa)**

Tipo de reciclado	Cedazos y tamices UNE-EN 933-2 (mm)									
	40	25	20	12,5	8	4	2	0,500	0,250	0,063
RE1	100	78-100	69-95	52-82	40-70	25-53	15-40	2-20	0-10	0-3
RE2	—	100	80-100	62-89	49-77	31-58	19-42	2-20	0-10	0-3

### 20.2.3. Agua

El agua cumplirá las prescripciones del artículo 280 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

### 20.2.4. Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los aditivos que puedan utilizarse para controlar la rotura de la emulsión o mejorar las características de la mezcla, los cuales deberán ser especificados en la fórmula de trabajo y aprobados por el Director de las Obras.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, establecerá la proporción adecuada de aditivos que se vayan a emplear y el método empleado para su incorporación, así como las especificaciones que deben cumplir, tanto dichos aditivos como la mezcla resultante.

Solamente se autorizará el uso de aditivos cuyas características y especialmente su comportamiento y efectos sobre la mezcla al emplearlos en las proporciones previstas vengan garantizados por el fabricante; siendo obligatorio realizar ensayos previos para comprobar que cumplen su función con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

### 20.3. Tipo y composición de la mezcla

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo y composición de la mezcla bituminosa reciclada, cuya granulometría, contenido de ligante y resistencia a compresión simple antes y después de la inmersión en agua, así como resistencia conservada, deberán cumplir lo indicado en este apartado.

Para cada caso, la granulometría del material que se vaya a reciclar estará comprendida dentro de alguno de los husos indicados en la Tabla 20.1 y, además, deberá cumplirse que el tamaño máximo nominal (primer tamiz que retiene más de un diez% en masa) del material a reciclar sea inferior a un tercio del espesor del reciclado.

El ligante hidrocarbonado residual añadido será como mínimo el uno y medio por ciento (1,5%), de la masa total en seco del material que se vaya a reciclar.

Los valores de los resultados del ensayo de inmersión-compresión, según la NLT-162, deberán ser como mínimo los indicados en la tabla 20.2, en función de la categoría de tráfico pesado. Todas las probetas, fabricadas y compactadas según la NLT-161, se curarán durante tres días (3 d) a cincuenta grados Celsius (50 °C).

En caso necesario, se podrán utilizar, en una proporción máxima del uno por ciento (1%) de la masa total del material que se vaya a reciclar en seco, productos mejorados de la resistencia conservada, entre otros:

- Cal, que cumplirá las especificaciones del artículo 200 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).
- Cemento, que cumplirá las especificaciones del artículo 202 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

### 20.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

No se podrá utilizar en la ejecución del reciclado ningún equipo que no haya sido previamente aprobado por el Director de las Obras después de la ejecución del tramo de prueba.

Para la ejecución del reciclado in situ con emulsión se deberán emplear equipos mecánicos. Éstos podrán ser equipos independientes que realicen por separado las operaciones de fresado, dosificación y distribución de la emulsión y del agua, mezcla, extensión y compactación, o bien equipos que realicen dos o más de estas operaciones, excepto la compactación, de forma simultánea.

Salvo justificación en contrario, para las carreteras con categoría de tráfico pesado T1 o T2 o cuando la superficie a tratar sea superior a los setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) será preceptivo el empleo de equipos que integren en una sola máquina las operaciones de fresado, de dosificación y de distribución de la emulsión, de mezcla y de extensión.

El equipo de fresado, compuesto por una o más máquinas fresadoras, con anchura mínima de medio carril y dotadas de rotor de fresado de eje horizontal, deberá ser capaz de fresar el firme existente en la profundidad y anchura especificadas, produciendo un material homogéneo con la granulometría requerida en una sola pasada y deberá hacerlo a una velocidad constante adecuada. Las fresadoras estarán dotadas de un dispositivo de control automático que asegure el espesor especificado. Además estarán provistas de un dispositivo que evite el levantamiento en bloques del material.

El equipo de dosificación de la emulsión bituminosa y del agua y los aditivos, se compondrá de depósitos, bombas de caudal variable y difusores adecuadamente dispuestos, con

**Tabla 20.2**  
**Valores mínimos de resistencia en inmersión-compresión (NLT-162)**

Categoría del tráfico pesado	En seco (MPa)	Tras inmersión (MPa)	Conservada (%)
T1 (sólo capas de base) y T2 (*)	3	2,5	75
T3, T4 y arcenes	2,5	2	70

(\*) Vías de servicio no agrícolas de autopistas y autovías interurbanas.

control automático programable de dosificación, que permita realizar las dosificaciones de la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y anchura del material fresado que se vaya a reciclar, y según la velocidad de avance de la máquina, con las tolerancias fijadas en este artículo.

El mezclador deberá garantizar una mezcla homogénea y uniforme en toda la anchura y profundidad del reciclado. La mezcla podrá realizarse mediante una mezcladora independiente o bien en las propias máquinas fresadoras aprovechando la energía del rotor de fresado, en cuyo caso el sistema de dosificación deberá ir incorporado al elemento de fresado.

Se dispondrán los medios y la mano de obra necesarios para que las zonas entre franjas de reciclado cumplan todas las condiciones de dosificación, compactación y regularidad superficial especificadas en este artículo.

El suministro de la emulsión y del agua a la unidad de mezcla se realizará desde cubas o depósitos móviles, de modo que no se produzcan paradas de los elementos de mezcla y extensión del material reciclado.

Para la extensión se deberá disponer de un distribuidor que evite la segregación del material mezclado y realice una extensión y precompactación homogéneas y con el perfil deseado, mediante una maestra de extensión con dispositivos de nivelación automáticos.

#### 20.4.1. Equipo de compactación

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores del sentido de la marcha de acción suave y estar dotados de dispositivos para mantenerlos húmedos en caso necesario.

La composición del equipo de compactación se determinará en el tramo de prueba, y deberá estar compuesto como mínimo por un (1) compactador vibratorio de rodillo metálico y un (1) compactador de neumáticos.

El compactador vibratorio dispondrá de un rodillo metálico con una carga estática sobre la generatriz no inferior a trescientos newton por centímetro (300 N/cm) y capaz de alcanzar una masa de al menos quince toneladas (15 t) con amplitudes y frecuencias de vibración adecuadas. El compactador de neumáticos será capaz de alcanzar una masa de al menos treinta y cinco toneladas (35 t) y una carga por rueda de cinco toneladas (5 t), con una presión de inflado que pueda alcanzar al menos ocho décimas de megapascal (0,8 MPa).

Los rodillos metálicos de los compactadores vibratorios no presentarán surcos ni irregularidades y tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de la marcha. Los compactadores de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras con las de las traseras.

El Director de las Obras aprobará el equipo de compactación que se vaya a emplear, su composición y las características de cada uno de sus componentes, que serán las necesarias para conseguir una compacidad adecuada y homogénea del reciclado en todo su espesor, sin producir roturas del material ni arrollamientos.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compacta-

ción normales se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se vaya a realizar.

## 20.5. Ejecución de las obras

### 20.5.1. Estudios previos de los materiales

#### 20.5.1.1. Estudios previos de la emulsión

Sobre la muestra de cada tipo de emulsión propuesto, que vendrá acompañada de los documentos exigidos en el artículo 213 o 216 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), se realizarán los ensayos de identificación que especifiquen esos artículos y los que fije el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Se comprobará la compatibilidad de la emulsión bituminosa con el material fresado mediante el ensayo de mezcla sin adición de carbonato cálcico, según la NLT-196.

#### 20.5.1.2. Estudio de los materiales que se vayan a reciclar y comprobación de la tramificación

Se realizará una inspección de la superficie a reciclar comprobando los datos del reconocimiento de proyecto y la tramificación propuesta. Se tomarán muestras representativas de los materiales existentes en los diferentes tramos, mediante extracción de testigos, calicatas u otros métodos de toma de muestras, comprobando el espesor y tipo de material de las diferentes capas. Como mínimo se realizarán dos (2) testigos y una calicata por kilómetro (1/km) o tramo diferenciado si su longitud fuera menor.

Sobre los testigos de cada tramo homogéneo se determinará la densidad, según la NLT-168.

Se tomarán muestras de material fresado en cada tramo homogéneo, en el espesor previsto en el Proyecto para el reciclado, empleando una fresadora de iguales o similares características o que produzca un fresado adecuado y semejante al de la máquina que se vaya a emplear en la ejecución de la obra.

Sobre las muestras de cada tipo de material fresado en cada tramo homogéneo se determinará:

- Análisis granulométrico, según la UNE-EN 933-1.
- Contenido del ligante, según la NLT-164.
- Penetración, según la NLT-124, y punto de reblandecimiento anillo y bola, según la NLT-125, del ligante recuperado, según la NLT-353.
- Identificación del tipo de árido recuperado.

Los resultados del reconocimiento y de los ensayos deberán servir para verificar que los tramos en que se ha dividido la obra sean suficientemente homogéneos en relación con los objetivos pretendidos por el procedimiento de reciclado. En los tramos con ondulaciones superficiales, excesos de ligante, deformaciones plásticas o cualquier deficiencia superficial o estructural que a juicio del Director de las Obras se considere significativa, se deberá proceder previamente a su fresado y retirada a un vertedero autorizado.

No deberán considerarse homogéneos los tramos cuyos resultados individuales en los ensayos indicados en este apartado presenten variaciones sobre los resultados medios superiores a las tolerancias establecidas en la Tabla 20.3, ni cuando varíe el tipo de árido.

**Tabla 20.3**  
Tolerancias máximas admisibles en tramos homogéneos

Características		Unidad	Tolerancia máxima
Granulometría del material fresado cernido por los tamices de la Tabla 20.1	Tamaño máximo	% sobre la masa total del material a reciclar en seco	Un tamiz de la serie de tabla 20.1
	> 2 mm		±6
	≥ 2 mm		±3
	0,063 mm		±1,5
Ligante residual			±0,5
Penetración del ligante recuperado		0,1 mm	±8
Densidad <i>in situ</i>		kg/dm <sup>3</sup>	±0,1

### 20.5.1.3. Valores de referencia de las características

Una vez comprobado que el material cumple todas las condiciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, el Director de las Obras aprobará el material y fijará las características de referencia en cada tramo homogéneo.

Se tomarán como características de referencia, para cada tipo de material, la media de todos los resultados de cada tipo de ensayo prescrito. Los valores así obtenidos deberán diferir de los valores límite establecidos en margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la heterogeneidad propia del material y la dispersión que introduce la ejecución en obra y su control, los valores obtenidos en el control de calidad de la ejecución de las obras cumplan los límites establecidos.

### 20.5.2. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La ejecución del reciclado no se podrá iniciar, en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, previo su estudio en laboratorio y verificación en obra, la cual deberá señalar, como mínimo:

- El espesor del reciclado *in situ* con emulsión, que deberá estar comprendido entre seis (6) y doce centímetros (12 cm). La elección del espesor se hará de forma que, preferentemente, se tratarán capas completas del firme existente y, únicamente en el caso de que la inferior fuera una capa de mezcla bituminosa, penetrando un centímetro (1 cm) en ésta. Si esto no fuera posible, se evitará que queden sin tratar espesores de mezcla bituminosa inferiores a tres centímetros (3 cm).
- La granulometría del material fresado por los tamices

establecidos en la definición del huso granulométrico en la tabla 20.1.

- El tipo de emulsión bituminosa y la proporción en masa de ligante residual a incorporar, respecto a la masa total del material a reciclar en seco.
- La proporción en masa, respecto a la masa total del material a reciclar en seco, de agua que se vaya a aportar.
- Los tipos de aditivos y sus proporciones en masa, respecto a la masa total del material a reciclar en seco.
- La humedad óptima de compactación.
- El valor mínimo de la densidad a obtener en el tramo de prueba.

La proporción necesaria de ligante residual en la mezcla reciclada se determinará mediante el ensayo de inmersión-compresión, según la NLT-162, de acuerdo con los valores mínimos especificados en la Tabla 20.2. Todas las probetas fabricadas y compactadas según la NLT-161, se curarán durante tres días (3 d) a cincuenta grados Celsius (50 °C).

La humedad de compactación se determinará mediante el ensayo Proctor modificado, según la UNE 103501, realizado sobre el material a reciclar. La humedad óptima de compactación será, salvo justificación en contrario, la correspondiente a la humedad óptima Proctor menos un cinco por mil (0,5%) y menos el porcentaje de emulsión bituminosa a incorporar a la mezcla. La humedad óptima de compactación se ajustará, si fuera preciso, durante la ejecución del tramo de prueba.

Se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo, de acuerdo con lo indicado en este apartado, cada vez que se varíen las características del material a reciclar o de alguno de los componentes de la mezcla o si varían las condiciones ambientales.

**Tabla 20.4**  
Tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo

Características		Unidad	Tolerancia máxima
Cernido tamices UNE-EN 933-2	Tamaño máximo	% sobre la masa total del material a reciclar en seco	Un tamiz de la serie de tabla 20.1
	> 2 mm		±6
	≤ 2 mm		±3
	0,063 mm		±1,5
Ligante residual aportado			±0,3
Humedad compactación (agua total)		% respecto de la óptima	-1/+0,5

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla 20.4, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos.

### 20.5.3. Fresado de la parte del firme que se vaya a reciclar

El fresado se realizará con el equipo y el método aprobados por el Director de las Obras después de la ejecución del tramo de prueba de acuerdo con lo establecido en el apartado 20.4. La velocidad de traslación del equipo y la velocidad de rotación del rotor de fresado serán constantes en cada tramo homogéneo, a fin de asegurar una profundidad uniforme de fresado y una buena homogeneidad del material reciclado. Se evitarán en lo posible las paradas, y cuando sean inevitables se cortarán de forma inmediata las entradas de emulsión y de agua para evitar sobredosificaciones o encharcamientos. Deberá comprobarse con la frecuencia que el Director de las Obras considere necesario que la granulometría del material fresado corresponde a la obtenida en el tramo de prueba y, por tanto, a la utilizada para la elaboración de la fórmula de trabajo.

Siempre que se observe que no se cumplen las tolerancias admisibles citadas en el apartado 20.5.2, se detendrá el reciclado hasta eliminar las causas de la anomalía (desgaste de picas, obstrucción de inyectoros, etc.).

Donde resultase imposible el empleo de máquinas fresadoras, el material se demolerá con otros medios mecánicos, y los productos así obtenidos se trasladarán a un vertedero autorizado. Estas zonas se rellenarán con materiales que cumplirán en cualquier circunstancia las prescripciones establecidas para el conjunto de la unidad de obra.

### 20.5.4. Distribución de emulsión, agua y aditivos

La emulsión, el agua y los aditivos se distribuirán uniformemente mediante equipos mecánicos con la dosificación fijada en la fórmula de trabajo.

Antes de iniciar el proceso en obra se purgarán y pondrán a punto las bombas y los difusores, de ligante y de agua fuera del lugar de empleo, para garantizar las dotaciones establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua y uniforme. En cada parada del equipo de reciclado se realizará una limpieza de los difusores, y como mínimo dos veces al día (2/d). Las operaciones para abastecer de emulsión al equipo dosificador se realizarán sin afectar al tráfico que circule por los carriles que se mantengan en servicio.

### 20.5.5. Ejecución de la mezcla y extensión

Deberán tomarse las precauciones necesarias para evitar el tratamiento de cualquier porción de la superficie de la capa a reciclar con encharcamientos, si es preciso deteniendo el proceso cuando se observe tal circunstancia.

El equipo de reciclado deberá contar con los dispositivos necesarios para asegurar una mezcla homogénea en toda la anchura y profundidad del tratamiento. Si se detectaran segregaciones, partículas sin mezclar, o diferencias de contenido de ligante o de agua en partes de la superficie

reciclada, deberá detenerse el proceso y realizar las oportunas correcciones hasta solucionar las deficiencias.

Cuando la anchura de la superficie a reciclar sea superior a la del equipo de trabajo, el reciclado se realizará por franjas paralelas, que se solaparán en una anchura comprendida entre quince (15) y treinta centímetros (30 cm) para no dejar materiales sin mezclar en sus bordes. Deberán adoptarse las precauciones necesarias para evitar que se produzcan sobredosificaciones de emulsión en los solapes. En el caso de utilizar para el reciclado dos equipos en paralelo se adoptará la misma precaución en lo que se refiere a sus anchuras de trabajo; el desfase entre las dos máquinas será el menor posible, de modo que, compactando en toda la anchura, no se produzcan juntas longitudinales en el interior del carril.

Para carreteras con categoría de tráfico pesado T1, el reciclado se ejecutará en toda la anchura completa del carril sin juntas longitudinales en su interior; para ello se utilizará una sola máquina de la anchura necesaria o bien dos trabajando en paralelo con el mínimo desfase posible, de modo que, compactando en toda la anchura, no se produzcan juntas longitudinales en el interior de la zona reciclada. En el resto de los casos la anchura mínima de ejecución del reciclado sin juntas interiores será de medio carril. En cualquier caso, se respetarán las limitaciones que sobre juntas longitudinales y transversales se establecen en el apartado 20.5.7.

La ejecución por franjas se deberá planificar adecuadamente para permitir el paso alternativo del tráfico, si fuera necesario, dando la máxima relevancia a las condiciones de seguridad de la circulación y del personal de las obras.

Se delimitarán cuidadosamente los arcones o zonas adyacentes a la calzada a fin de evitar que los materiales de aquéllos se mezclen con los de ésta durante el reciclado.

La operación de extensión se detendrá si se observa que se produce segregación o contaminación o defectos en la regularidad superficial, y se procederá a efectuar las correcciones necesarias.

Donde resultase imposible el empleo del equipo de extensión aprobado, la mezcla reciclada podrá extenderse con otros dispositivos mecánicos más sencillos, que produzcan un producto terminado de características similares a las del resto de la unidad de obra.

### 20.5.6. Compactación

La mezcla no podrá permanecer más de media hora (1/2 h) sin que se proceda a su compactación y terminación.

La compactación se realizará longitudinalmente, de manera continua y sistemática y hasta que se alcance la densidad especificada en el apartado 20.7.1. Si la extensión se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior. Si la extensión se realiza con dos máquinas en paralelo con un ligero desfase, se compactarán las dos franjas a la vez.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano a la extendidora, los cambios de dirección se harán sobre mezcla ya apisonada, y los cambios de sentido



se efectuarán con suavidad. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

La compactación se iniciará longitudinalmente por el borde más bajo de la franja que se esté tratando, y se continuará hacia su borde más alto, solapándose las sucesivas pasadas.

En lugares inaccesibles para los compactadores se emplearán placas o rodillos vibrantes de características apropiadas para lograr resultados análogos a los obtenidos con el equipo de compactación aprobado.

### 20.5.7. Ejecución de juntas

Después de haber extendido y compactado una franja, se realizará la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

Las juntas longitudinales entre la zona reciclada y el firme existente deberán situarse en los bordes del carril o, si fuese indispensable, en su centro, pero nunca en las franjas de rodadura (rodadas).

La anchura de las franjas longitudinales de extensión se fijará de manera que se realice el menor número de juntas posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación y las características del equipo empleado.

Entre las sucesivas pasadas del equipo de reciclado deberá producirse un solape con el fin de evitar la existencia de zonas insuficientemente tratadas o la acumulación de segregaciones. Este solape vendrá impuesto por las anchuras de las máquinas y de la franja a tratar y generalmente estará comprendido entre quince (15) y treinta centímetros (30 cm). La máquina dosificadora-mezcladora deberá tener cerrados los difusores de emulsión y de agua correspondientes a la franja de solape para evitar la producción de mezcla reciclada con dotaciones distintas de la especificada.

Las juntas transversales de trabajo se efectuarán fresando el material de una zona ya tratada en la longitud suficiente, en general no menos de un diámetro del rotor de fresado, bajando hasta la profundidad especificada sin avanzar, para que pueda regularse con precisión la incorporación del ligante en la zona no tratada.

### 20.5.8. Curado y protección superficial

Cuando, por necesidades del desarrollo de las obras, se precise facilitar y acelerar la eliminación de humedad de la mezcla compactada, se podrá someter la capa a la acción del tráfico durante un período a fijar por el Director de las Obras, en general entre quince (15) y treinta días (30 d); en función de las condiciones climatológicas y de la intensidad de circulación, ésta se ordenará para que no se concentren las rodadas en una sola franja.

En las zonas con riesgo de presentar desprendimientos superficiales (curvas de radio reducido o zonas de parada) deberá ejecutarse un riego de protección.

El riego de protección se ejecutará utilizando una emulsión de rotura rápida y con árido de cobertura. La emulsión estará diluida en agua de forma que la concentración de ligante residual sea del treinta por ciento (30%). La dotación de ligante residual estará comprendida entre doscientos (200) y trescientos gramos por metro cuadrado (300 g/m<sup>2</sup>). El árido de cobertura que se vaya a emplear cumplirá lo especificado en el artículo 532 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Tras su extensión, se procederá al apisonado con un compactador de neumáticos y, previamente a la apertura al tráfico, se barrerá para eliminar el árido sobrante.

La extensión de una nueva capa sobre la reciclada no se iniciará hasta que la humedad en el medio del espesor de la capa reciclada sea constante e inferior al uno por ciento (1%), comprobándose que se mantiene por debajo de ese valor durante al menos siete días (7 d) y además los testigos extraídos, según la NLT-314, a partir de ese momento no se disgreguen y permitan su transporte y manipulación para realizar en laboratorio las pruebas que se especifiquen.

### 20.6. Tramo de prueba

Antes de iniciarse el reciclado in situ con emulsión será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, que se realizará con el espesor y la fórmula de trabajo prescritos y empleando los mismos medios que vaya a utilizar luego el Contratista para la ejecución de las obras, para comprobar la fórmula de trabajo, el funcionamiento de los equipos necesarios para la ejecución de las obras y, especialmente, la forma de actuación del equipo de compactación. Asimismo, se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad del reciclado con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de reciclado, granulometría, contenido de emulsión y demás requisitos exigidos.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será inferior a doscientos metros (200 m) para carreteras con categorías de tráfico pesado T1 y T2 y a cien metros (100 m) en el resto de los casos. El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

Además, al comienzo de cada tramo homogéneo:

- Se comprobará la profundidad de fresado.
- Se ajustará la velocidad de avance del equipo para obtener la profundidad de fresado, la granulometría dentro del huso especificado y una mezcla uniforme y homogénea.
- Se determinará la granulometría del material fresado que se vaya a reciclar.
- Se comprobará y ajustará la fórmula de trabajo obtenida para ese tramo.

Asimismo, durante la ejecución del tramo de prueba se analizarán los aspectos siguientes:

- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación del ligante hidrocarbonado estable-

cidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas, y otros métodos rápidos de control.

- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la densidad y humedad in situ establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas, y otros métodos rápidos de control.
- Se comprobará en la mezcla la precisión de los sistemas de dosificación de la emulsión y del agua y, en su caso, de las adiciones.
- Se establecerán las relaciones entre humedad y densidad alcanzada.
- Se establecerán las relaciones entre orden y número de pasadas de los compactadores y la densidad alcanzada.
- Se medirá el esponjamiento de la capa reciclada, por diferencia de espesor antes del fresado y después de la compactación.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso se podrá iniciar la ejecución del reciclado. En el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación y en los sistemas de extensión, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, aprobará su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar equipos suplementarios.

Los resultados obtenidos en el tramo de prueba válido servirán para fijar la fórmula de trabajo definitiva y los valores de referencia para los ensayos de información.

## 20.7. Especificaciones de la unidad terminada

### 20.7.1. Densidad

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la densidad de la capa tras el proceso de compactación, la cual no deberá ser inferior al cien por cien (100%) de la densidad máxima Proctor modificado, según la UNE 103501, definida en la fórmula de trabajo.

La diferencia de densidades entre las zonas más superficiales y las más profundas no superará los tres puntos porcentuales (3%), ni un punto porcentual (1%) cada cinco centímetros (5 cm) de profundidad.

### 20.7.2. Terminación, rasante, anchura y espesor

La superficie de la capa reciclada terminada deberá presentar una textura uniforme, exenta de segregaciones y de ondulaciones y con las pendientes adecuadas.

La rasante de la superficie terminada no deberá superar a la teórica en ningún punto ni quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá modificar el límite anterior.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa reciclada, que en ningún caso deberá ser inferior ni superar en más de diez centímetros (10 cm) a la estable-

cida en los Planos de secciones tipo.

El espesor de la capa no deberá ser inferior en ningún punto al previsto para ella en los Planos de secciones tipo.

### 20.7.3. Regularidad superficial

El índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT 330, de la capa terminada deberá cumplir lo fijado en la Tabla 20.5.

**Tabla 20.5**  
**Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm)**

Porcentaje de hectómetros	IRI (dm/hme)
50	< 2,5
80	< 3,0
100	< 4,0

## 20.8. Limitaciones de la ejecución

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la ejecución del reciclado in situ con emulsión:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C). El Director de las Obras podrá aumentar este límite, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

## 20.9. Control de calidad

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el método de control, tamaño del lote y tipo y número de ensayos a realizar. También se establecerán los métodos rápidos de control que pueden utilizarse y las condiciones básicas de empleo.

Los ensayos in situ se realizarán y, en su caso, las muestras se tomarán y los testigos se extraerán en puntos previamente seleccionados mediante un muestreo aleatorio, tanto longitudinal como transversalmente, realizado de forma que haya al menos uno por cada hectómetro (1/hm).

### 20.9.1. Control de procedencia de la emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 213 o 216 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

### 20.9.2. Control de ejecución

#### 20.9.2.1. Dosificación de la emulsión

Se controlará al menos una vez por la mañana y otra por la tarde el funcionamiento de las boquillas de inyección. Asimismo se contrastará diariamente el consumo efectivo de ligante con la información proporcionada por el mi-



croprocesador para control del volumen de emulsión añadido.

### 20.9.2.2. Fresado y mezcla reciclada

Al menos dos veces al día (2/d), una por la mañana y otra por la tarde, y al menos una vez por lote, definido en el apartado 20.9.3, se tomará una muestra del material a la salida de la recicladora para determinar su granulometría, según la UNE-EN 933-1.

Al menos dos veces al día (2/d), una por la mañana y otra por la tarde, y al menos una (1) vez por lote, definido en el apartado 20.9.3, se determinará el contenido de humedad de la mezcla según la UNE 103300.

Al menos dos veces al día (2/d), una por la mañana y otra por la tarde, y al menos una (1) vez por lote, definido en el apartado 20.9.3, se tomarán muestras de la mezcla bituminosa reciclada y sobre ellas se determinará la dosificación de ligante, según la NLT-164.

Al menos una vez al día (1/d), y al menos una vez por lote, definido en el apartado 20.9.3, se tomarán muestras de la mezcla reciclada, en recipientes que conserven la humedad, para realizar con ellas series de probetas, que se ensayarán para determinar los valores de los resultados del ensayo de inmersión-compresión según la NLT-162. Todas las probetas fabricadas y compactadas según la NLT-161, se curarán desmoldadas durante tres días (3 d) a cincuenta grados Celsius (50 °C).

La adición de agua o de emulsión se controlará con el caudalímetro de la recicladora, que dispondrá de un sistema automático de registro, de forma que se obtenga en cada tramo la humedad especificada.

Además se comprobará con la frecuencia necesaria, a juicio del Director de las Obras, que la profundidad y anchura de fresado y la velocidad de avance de la fresadora son las autorizadas de acuerdo con el apartado 20.6.

Se comprobará a menudo el espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras, teniendo en cuenta la disminución que experimentará el material al ser compactado.

Se comprobará con la frecuencia necesaria, a juicio del Director de las Obras, el aspecto de la mezcla bituminosa reciclada, especialmente la cobertura del ligante, la homogeneidad de la superficie y la ausencia de segregaciones.

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación y limpieza.
- El lastre y masa total de los compactadores y, en su caso, la presión de inflado de las ruedas de los compactadores de neumáticos.
- La frecuencia y la amplitud de los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

En cada una de las franjas de reciclado se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de siete (7)

por cada lote de los definidos en el apartado 20.9.3. En el caso de usarse sonda nuclear u otros métodos rápidos de control, éstos habrán sido convenientemente contrastados en la realización del tramo de prueba.

Cuando las determinaciones se realicen mediante sonda nuclear, para la determinación de la densidad media la varilla con la fuente radiactiva deberá introducirse hasta el fondo de la capa reciclada. En caso de que las densidades obtenidas fuesen inferiores a las especificadas se proseguirá el proceso de compactación hasta alcanzar los valores prescritos.

### 20.9.3. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

Después de finalizado el curado y antes de cubrir la capa reciclada con otra capa, se extraerán testigos, según la NLT-314, en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a cinco (5) y se determinará su densidad y espesor según la NLT-168, así como su humedad, de acuerdo con lo especificado en el apartado 20.5.8.

Se comprobará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa, mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 20.7.3.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa.

## 20.10. Criterios de aceptación o rechazo

### 20.10.1. Densidad

La densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el apartado 20.7.1. No más de dos (2) individuos de la muestra ensayada del lote presentarán un valor inferior al prescrito en más de dos (2) puntos porcentuales.

Si la densidad media obtenida es inferior al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad de referencia, se levantará mediante fresado la capa de material reciclado correspondiente al lote controlado y se repondrá, con un material aceptado por el Director de las Obras, por cuenta del Contratista. Si la densidad media obtenida no es inferior al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad de referencia, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de material reciclado correspondiente al lote controlado.

### 20.10.2. Espesor

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos de secciones tipo. No más de dos (2) individuos de la muestra ensayada del lote presentarán resultados que bajen del especificado en más de un diez por ciento (10%).

Si el espesor medio obtenido es inferior al especificado, se compensará la diferencia con un espesor adicional equivalente de la capa superior aplicado en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista.

### 20.10.3. Rasante

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas, ni existirán zonas que retengan agua. Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el Director de las Obras podrá aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario sin incremento de coste para la Administración. Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, se corregirá el exceso mediante fresado por cuenta del Contratista, siempre que esto no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos.

### 20.10.4. Regularidad superficial

Los resultados de la medida de la regularidad superficial de la capa acabada no excederán de los límites establecidos en el apartado 20.7.3. Si los resultados de la regularidad superficial de la capa terminada exceden los límites, se procederá de la siguiente manera:

- Si es en más del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado se corregirán los defectos mediante fresado por cuenta del Contratista.
- Si es en menos de un diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

### 20.11. Medición y abono

La emulsión bituminosa empleada en el reciclado de las mezclas bituminosas se abonará por toneladas (t), obtenidas aplicando a la medición abonable de ejecución del reciclado la dosificación media deducida de los ensayos de control de cada lote.

La ejecución del reciclado se abonará por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de superficie reciclada con el espesor indicado en los Planos de la sección tipo, el cual se entiende como mínimo en cualquier punto. Dicha superficie se obtendrá multiplicando las anchuras de las secciones tipo señaladas en los Planos por la longitud realmente ejecutada.

En dicho abono se considera incluido el fresado de las capas del firme existente, la mezcla y homogeneización del material fresado, el agua y, en su caso, los aditivos, la extensión y la compactación de la mezcla.

No tendrán derecho a un incremento de abono las zonas

solapadas o las superficies que por sus defectos haya sido necesario reciclar en más de una pasada.

No serán de abono las creces laterales, ni la limpieza de la superficie existente.

El tratamiento de protección de la superficie de la mezcla bituminosa reciclada se abonará por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados, medidos sobre el terreno.

### 20.12. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según el ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/95, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

- NLT-124 Penetración de los materiales bituminosos.
- NLT-125 Punto de reblandecimiento anillo y bola de los materiales bituminosos.
- NLT-161 Resistencia a compresión simple de mezclas bituminosas.
- NLT-162 Efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas bituminosas compactadas (ensayo de inmersión-compresión).
- NLT-164 Contenido de ligante en mezclas bituminosas.
- NLT-168 Densidad y huecos en mezclas bituminosas compactadas.
- NLT-196 Envuelta y resistencia al desplazamiento por el agua de las emulsiones bituminosas.
- NLT-314 Toma de muestras testigos de pavimentos.
- NLT-330 Cálculo del índice de regularidad internacional, IRI, en pavimentos de carreteras.
- NLT-353 Recuperación del ligante de mezclas bituminosas para su caracterización.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103501 Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.

- UNE-EN 933-2 Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

## Artículo 21. Reciclado in situ con cemento de capas de firme

### 21.1. Definición

Se define como reciclado in situ con cemento de capas de firme la mezcla, convenientemente extendida y compactada, del material procedente del fresado de un firme existente (constituido por mezclas bituminosas y materiales granulares) con cemento, agua y, eventualmente, aditivos y árido de aportación, cuyo fin es reutilizar una o varias capas de un firme deteriorado, con un espesor total compactado comprendido entre veinte (20) y treinta centímetros (30 cm). Todo el proceso de ejecución de esta unidad de obra se realizará a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar.

El valor de treinta centímetros (30 cm) como límite máximo de espesor de la capa reciclada se podrá subir a treinta y cinco (35 cm) siempre y cuando en la obra se garantice una compactación uniforme en todo el espesor de la capa.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Estudio previo de los materiales.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo para cada tramo de características distintas.
- Fresado de la parte del firme a reciclar.
- Incorporación del cemento, el agua y, eventualmente, los aditivos.
- Incorporación, en su caso, del árido de aportación.
- Mezcla y extensión.
- Realización de juntas en fresco (prefisuración).
- Compactación y terminación.
- Curado y, en su caso, ejecución de un riego de protección.

### 21.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/92 (modificado por el Real Decreto 1328/95), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE; en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.º.

Independientemente de lo anterior, se estará en todo caso además a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

#### 21.2.1. Cemento

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el tipo y la clase resistente del cemento. Este cumplirá las prescripciones del artículo 202 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y las adi-

cionales que establezca, en su caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Salvo justificación en contrario, la clase resistente del cemento será la 32,5. El Director de las Obras podrá autorizar el empleo de un cemento de clase resistente 22,5, así como en épocas frías el de un cemento de clase resistente 42,5.

No se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en la fábrica de cemento.

Si el contenido ponderal de sulfatos solubles ( $SO_3$ ) en el material que se vaya a reciclar, determinado según la UNE 103201, fuera superior al cinco por mil (0,5%) en masa, deberá emplearse un cemento resistente a los sulfatos y aislar adecuadamente estas capas del firme de las obras de paso de hormigón.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el principio de fraguado, según la UNE-EN 196-3, que, en todo caso, no podrá tener lugar antes de las dos horas (2 h). No obstante, si el reciclado se realizase con temperatura ambiente superior a treinta grados Celsius (30 °C), el principio de fraguado, determinado según la UNE-EN 196-3, pero realizando los ensayos a una temperatura de cuarenta más menos dos grados Celsius ( $40 \pm 2$  °C), no podrá tener lugar antes de una hora (1 h).

#### 21.2.2. Material que se vaya a reciclar

##### 21.2.2.1. Características generales

El material que se vaya a reciclar estará constituido por partículas, recubiertas o no por ligante envejecido o por cemento, resultantes de la adecuada disgregación por fresado de la parte del firme existente en la profundidad establecida.

El Director de las Obras, de acuerdo con las características y el estado de las capas del firme, determinará si existen zonas en las que no deba reutilizarse el material existente. En tal caso los materiales se retirarán y transportarán a un vertedero autorizado y se sustituirán por un material aprobado por el Director de las Obras, quien podrá autorizar asimismo la reutilización de material fresado procedente de localizaciones distintas a las que se esté reciclando.

El material que se vaya a reciclar no presentará reactividad potencial con los álcalis del cemento. En materiales sobre los que no exista suficiente experiencia en su comportamiento en mezclas con cemento, realizado el análisis químico de la concentración de  $SiO_2$  y de la reducción de la alcalinidad  $R$ , según la UNE 146507-1, el material será considerado potencialmente reactivo si:

- $SiO_2 > R$  cuando  $R$  mayor o igual de 70.
- $SiO_2 > 35 + 0,5R$  cuando  $R$  menor de 70.

##### 21.2.2.2. Granulometría

El material a reciclar no contendrá elementos de tamaño superior a ochenta milímetros (80 mm). En caso contrario, el Director de las Obras indicará las medidas a adoptar para su eliminación. El contenido de partículas pasando

por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2 no será inferior al treinta por ciento (30%) en masa.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará si es necesario corregir la granulometría del material disgregado con árido de aportación. En su defecto, el Director de las Obras podrá ordenar la utilización de árido de aportación, cuando el material disgregado no alcance el valor mínimo citado de partículas pasando por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.

### 21.2.2.3. Composición química

El material que se vaya a reciclar estará exento de materia orgánica y de productos que puedan perjudicar el fraguado del cemento. En caso contrario el Director de las Obras podrá autorizar su empleo siempre que el contenido de materia orgánica, determinado según la UNE 103204, no sea superior al uno por ciento (1%) en masa. El contenido de sulfatos, expresado en  $\text{SO}_3$  y determinado según la UNE 103201, no será superior al uno por ciento (1%) en masa.

### 21.2.2.4. Plasticidad

El límite líquido, según la UNE 103103, será inferior a treinta y cinco (35) y el índice de plasticidad, según la UNE 103104, será igual o inferior a quince (15). Si el material no cumple estas condiciones, podrá recurrirse a un tratamiento previo con cal. La dotación de ésta deberá ser determinada mediante ensayos previos en laboratorio y aprobada por el Director de las Obras.

### 21.2.3. Árido de aportación

Si fuese necesario utilizar un árido de aportación como corrector granulométrico, deberá tener las características establecidas en el artículo 500 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) para zahorras artificiales. Su granulometría y proporción se ajustarán, de acuerdo con las indicaciones del Director de las Obras, de forma que se obtenga una granulometría del material reciclado lo más continua posible.

Si fuese necesario utilizar un árido de aportación para corregir peraltes, completar el espesor de capa reciclada o efectuar un ensanche, dicho árido cumplirá las prescripciones exigidas para la zahorra artificial en el artículo 500 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y su empleo deberá ser aprobado previamente por el Director de las Obras.

Por otra parte, en el caso de ensanches ejecutados simultáneamente con el reciclado, el árido deberá seleccionarse de forma que, empleando la misma dotación, tipo y clase resistente de cemento, se obtenga una resistencia a compresión igualo superior a la del firme reciclado, pero sin que el incremento sea superior a un veinte por ciento (20%).

### 21.2.4. Agua

El agua cumplirá las prescripciones del artículo 280 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

### 21.2.5. Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los aditivos que puedan utilizarse para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla, los cuales deberán ser especificados en la fórmula de trabajo y aprobados por el Director de las Obras. Éste podrá autorizar el empleo de un retardador de fraguado para ampliar el plazo de trabajabilidad del material, según las condiciones climáticas, así como establecer el método que se vaya a emplear para su incorporación y las especificaciones que deben cumplir tanto dicho aditivo como las propiedades de la mezcla que se modifican con su incorporación.

El empleo de retardadores de fraguado será obligatorio cuando la temperatura ambiente durante la ejecución del reciclado supere los treinta grados Celsius (30 °C), salvo que el Director de las Obras ordene lo contrario.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, establecerá la proporción adecuada de aditivos que se vayan a emplear y el método empleado para su incorporación, así como las especificaciones que deben cumplir tanto dichos aditivos como la mezcla resultante.

Solamente se autorizará el uso de aditivos cuyas características, comportamiento y efectos sobre la mezcla, al emplearlos en las proporciones previstas, vengán garantizados por el fabricante, siendo obligatorio realizar ensayos previos para comprobar que cumplen su función con los materiales y dosificaciones previstas en la fórmula de trabajo.

## 21.3. Tipo y composición de la mezcla

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y composición de la mezcla reciclada, cuyo contenido mínimo de cemento y resistencia mínima a compresión simple deberán cumplir lo indicado en este apartado.

El contenido mínimo de cemento será del tres por ciento (3%) de la masa total en seco del material que se vaya a reciclar.

La resistencia mínima a compresión simple del material reciclado a los siete días (7 d) será de dos megapascales y cinco décimas (2,5 MPa). En caso de emplearse cementos para usos especiales, será de dos megapascales y una décima (2,1 MPa).

Las probetas para la determinación de las resistencias se compactarán según la NLT-310, con la energía con la que se logre la densidad exigida en el apartado 21.7.1 o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y se ensayarán a compresión simple según la NLT-305.

El material reciclado deberá tener un plazo de trabajabilidad tal que permita completar la compactación de una franja antes de que haya finalizado dicho plazo en la franja adyacente reciclada previamente.

El plazo de trabajabilidad se determinará de acuerdo con la UNE 41240, realizando los ensayos a la temperatura media ambiente prevista entre las doce (12:00) y las quince horas (15:00) durante la ejecución del reciclado, no pudiendo ser inferior al indicado en la tabla 21.1.

**Tabla 21.1**  
**Plazo mínimo de trabajabilidad (tpm) del reciclado in situ con cemento**

Tipo de obra		$t_{pm}$ (minutos)
Sin tráfico	Anchura completa	120
	Por franjas	180
Con tráfico		240

#### 21.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

No se podrá utilizar en la ejecución del reciclado ningún equipo que no haya sido previamente aprobado por el Director de las Obras después de la ejecución del tramo de prueba.

Para la ejecución del reciclado in situ con cemento se deberán emplear equipos mecánicos. Éstos podrán ser equipos independientes que realicen por separado las operaciones de fresado, de dosificación y de distribución del cemento y del agua, de mezcla, de extensión y de compactación, o bien equipos que realicen dos o más de estas operaciones, excepto la compactación, de forma simultánea.

Salvo justificación en contrario, para las carreteras con categoría de tráfico pesado T2 o cuando la superficie a tratar sea superior a los setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) será preceptivo el empleo de equipos que integren en una sola máquina las operaciones de fresado, de dosificación y distribución del cemento, de mezcla y de extensión.

El equipo de fresado, compuesto por una o más máquinas fresadoras, con anchura mínima de medio carril y dotadas de rotor de fresado de eje horizontal, deberá ser capaz de fresar el firme existente en la profundidad y la anchura especificadas, produciendo un material homogéneo con la granulometría requerida en una sola pasada y deberá hacerlo a una velocidad constante adecuada. Las fresadoras estarán dotadas de un dispositivo de control automático que asegure el espesor especificado y prefijado. Además estarán provistas de un dispositivo que evite el levantamiento en bloques del material, que en cualquier caso deberá quedar adecuadamente disgregado.

El equipo de dosificación del cemento y del agua y los aditivos se compondrá de depósitos, bombas de caudal variable y difusores adecuadamente dispuestos, con control automático programable de dosificación, que permitan realizar las dosificaciones de la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y anchura del material fresado que se vaya a reciclar, y según la velocidad de avance de la máquina, con las tolerancias fijadas en este artículo.

El mezclador deberá garantizar una mezcla homogénea y uniforme en toda la anchura y profundidad del reciclado.

La mezcla podrá realizarse mediante una mezcladora independiente o bien en las propias máquinas fresadoras aprovechando la energía del rotor de fresado, en cuyo caso el sistema de dosificación deberá ir incorporado al elemento de fresado.

Se dispondrán los medios y la mano de obra necesarios para que las zonas entre franjas de reciclado cumplan todas las condiciones de dosificación, compactación y regularidad superficial especificados en este artículo.

El suministro del cemento a la unidad de mezcla se realizará desde cubas o depósitos móviles, de modo que no se produzcan paradas de los elementos de mezcla y extensión del material reciclado.

El cemento se dosificará como lechada. Se podrá dosificar en polvo en obras pequeñas, cuya superficie a tratar sea menor de setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), siempre que lo autorice expresamente el Director de las Obras; en este segundo caso, y siempre que se cumplan los requisitos de la legislación ambiental y de seguridad y salud, se emplearán equipos con dosificación ligada a la velocidad de avance, que podrán consistir en camiones-silo o en tanques remolcados con tolvas acopladas en la parte posterior con compuerta regulable. Si la descarga del cemento sobre el firme a reciclar se realizase desde una altura superior a diez centímetros (10 cm), el dispositivo de descarga estará protegido con faldones cuya parte inferior no deberá distar más de diez centímetros (10 cm) de la superficie del firme.

Cuando el cemento se aporte en lechada, el equipo para su fabricación tendrá un mezclador con l alimentación volumétrica de agua y dosificación ponderal de cemento. El equipo de reciclado deberá estar provisto de un dosificador-distribuidor volumétrico de lechada, con bomba de caudal variable y dispositivo de rociado, así como control automático programable de dosificación, que permita adecuar las dosificaciones a la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y anchura del material fresado a reciclar, y según el avance de la máquina, con las tolerancias fijadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Deberá disponerse de un camión cisterna o equipo similar capaz de incorporar al equipo de reciclado el agua de amasado en la proporción necesaria, de acuerdo con la velocidad de avance y la profundidad de trabajo.

En caso de emplearse aditivos y de que el equipo de reciclado no tuviera dispositivos específicos para su incorporación en la dotación requerida, se añadirán al agua de amasado en el equipo de alimentación de ésta, debiendo entonces estar provisto dicho equipo de los dosificadores necesarios.

Para la extensión se deberá disponer de un distribuidor que evite la segregación del material mezclado y realice una extensión y precompactación homogéneas y con el perfil deseado, mediante una maestra de extensión con dispositivos de nivelación automáticos.

##### 21.4.1. Equipo de compactación

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores del sentido de la marcha de acción suave y



estar dotados de dispositivos para mantenerlos húmedos en caso necesario.

La composición del equipo de compactación se determinará en el tramo de prueba, y deberá estar compuesto como mínimo por un (1) compactador vibratorio de rodillo metálico y un (1) compactador de neumáticos.

El compactador vibratorio dispondrá de un rodillo metálico con una carga estática sobre la generatriz no inferior a trescientos newton por centímetro (300 N/cm) y capaz de alcanzar una masa de al menos quince toneladas (15 t) con amplitudes y frecuencias de vibración adecuadas. El compactador de neumáticos será capaz de alcanzar una masa de al menos treinta y cinco toneladas (35 t) y una carga por rueda de cinco toneladas (5 t), con una presión de inflado que pueda alcanzar al menos ocho décimas de megapascal (0,8 MPa).

Los rodillos metálicos de los compactadores vibratorios no presentarán surcos ni irregularidades y tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de la marcha. Los compactadores de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas delanteras con las traseras.

El Director de las Obras aprobará el equipo de compactación que se vaya a emplear, su composición y las características de cada uno de sus componentes, que serán las necesarias para conseguir una compacidad adecuada y homogénea del reciclado en todo su espesor, sin producir roturas del material ni arrollamientos.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se vaya a realizar.

**21.4.2. Equipo para la ejecución de juntas transversales en fresco**

Para la ejecución de juntas transversales en fresco se utilizarán equipos autónomos que efectúen en cada pasada un surco recto interesando al menos dos tercios (2/3) del espesor a reciclar y que al mismo tiempo introduzcan en dicho surco un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Este producto podrá consistir en una emulsión de rotura rápida, cinta de plástico flexible, perfil ondulado de plástico rígido u otros sistemas que además de impedir que se cierre de nuevo la junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de la junta.

El Director de las Obras podrá autorizar en obras peque-

ñas, cuya superficie a tratar sea menor de setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), la utilización de equipos para la ejecución de juntas transversales en fresco provistos de un útil de corte que abarque al menos un tercio (1/3) del espesor de la capa una vez compactada.

**21.5. Ejecución de las obras**

**21.5.1. Estudios previos de materiales**

**21.5.1.1. Estudio del material que se vaya a reciclar y comprobación de la tramificación**

Se realizará una inspección de la superficie a reciclar comprobando los datos del reconocimiento de proyecto y la tramificación propuesta. Se tomarán muestras representativas de los materiales existentes en los diferentes tramos, mediante sondeos, calicatas u otros métodos de toma de muestras, comprobando el espesor y el tipo de material de las diferentes capas. Como mínimo se realizarán dos (2) sondeos y una (1) calicata por kilómetro (1 km) o tramo diferenciado si su longitud fuera menor .

Se tomarán muestras de material fresado en cada tramo homogéneo, en el espesor previsto en el Proyecto para el reciclado, empleando una fresadora de iguales o similares características o que produzca un fresado adecuado y semejante a la máquina que se vaya a emplear en la ejecución de la obra.

Sobre las muestras de cada tipo de material fresado en cada tramo homogéneo se determinará:

- Análisis granulométrico, según la UNE-EN 933-1.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y 103104, respectivamente.
- Contenido de sulfatos, según la UNE 103201.
- Contenido de materia orgánica, según la UNE 103204.
- Contenido de humedad, según la UNE 103300.
- Proctor modificado, según la UNE 103501.
- La presencia de elementos inhibidores del fraguado del cemento, tales como sulfuros (piritas) o cloruros (sal gema).

Los resultados del reconocimiento y de los ensayos deberán servir para verificar que los tramos en que se ha dividido la obra sean suficientemente homogéneos en relación con los objetivos pretendidos por el procedimiento de reciclado.

No deberán considerarse homogéneos los tramos cuyos resultados individuales de los ensayos indicados en este apartado presenten variaciones sobre los resultados medios superiores alas tolerancias establecidas en la Tabla 21.2, ni cuando varíe el tipo de árido.

**Tabla 21.2**  
**Tolerancias máximas admisibles en tramos homogéneos**

Características		Unidad	Tolerancia máxima
Granulometría del material (tamices de la UNE-EN 933-2)	Tamaño máximo	% sobre la masa total del material a reciclar en seco	0
	Pasa 4 mm		±4
Densidad máxima del Proctor modificado		%	±3

### 21.5.1.2. Valores de referencia de las características

Una vez comprobado que el material cumple todas las condiciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, el Director de las Obras aprobará el material y fijará las características de referencia en cada tramo homogéneo.

Se tomarán como características de referencia, para cada tipo de material, la media de todos los resultados de cada tipo de ensayo prescrito. Los valores así obtenidos deberán diferir de los valores límite establecidos en margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la heterogeneidad propia del material y la dispersión que introduce la ejecución en obra y su control, los valores obtenidos en el control de calidad de la ejecución de las obras cumplan los límites establecidos.

### 21.5.2. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La ejecución del reciclado no se podrá iniciar, en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, previo estudio en laboratorio y comprobación en obra, la cual deberá señalar, como mínimo:

- El espesor del reciclado in situ con cemento.
- La granulometría del material reciclado y, en su caso, la proporción y la granulometría del árido de aportación a emplear en la mezcla.
- El tipo y clase resistente del cemento y su proporción en masa, respecto de la masa total del material a reciclar en seco y, en su caso, por metro cuadrado de superficie.
- La proporción en masa, respecto de la masa total del material a reciclar en seco, de agua de amasado.
- Los tipos de aditivos y sus proporciones en masa, respecto de la masa total del material a reciclar en seco.
- La humedad de compactación.
- El valor mínimo de la densidad a obtener.
- El plazo de trabajabilidad de la mezcla, a la temperatura media prevista durante la ejecución de las obras, entre las doce (12:00) y las quince horas (15:00).

La proporción de agua de amasado será la correspondiente a la humedad óptima determinada en el ensayo Proctor modificado, según la UNE 103501, realizado sobre la mezcla del material a reciclar, el árido de aportación, en su caso, y el contenido de cemento determinado para cada tramo homogéneo. No obstante, dada la posible variación de las características de los materiales existentes en

el firme, es posible que sea necesario realizar ajustes del contenido de humedad durante la ejecución de las obras, por lo que los mecanismos de control y de toma de decisiones deberán ponerse apunto durante la realización del tramo de ensayo.

La proporción necesaria de cemento en la mezcla reciclada se determinará, salvo justificación en contrario, mediante el ensayo de resistencia a compresión simple, realizado según la NLT-305, a siete días (7 d), de modo que se cumplan los límites especificados en el apartado 21.3. Las probetas se compactarán según la NLT-310, con la energía con que se logre la densidad exigida en el apartado 21.7.1.

Se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo, de acuerdo con lo indicado en este apartado, cada vez que varíen las características o la procedencia del cemento y, en su caso, de los aditivos o de los materiales granulares de aportación o del material a reciclar. En el caso de que las condiciones ambientales cambiasen de forma importante, deberá determinarse de nuevo el plazo de trabajabilidad de la mezcla.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la Tabla 21.3, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos.

### 21.5.3. Preparación de la superficie existente

Antes de comenzar los trabajos de reciclado se procederá a la preparación de la superficie del firme realizando las siguientes operaciones:

- Limpieza y retirada de materias extrañas acumuladas en la totalidad de la anchura de la carretera, incluso en los carriles que no vayan a ser reciclados.
- Tratamiento o eliminación de zonas muy contaminadas, que a juicio del Director de las Obras, no puedan cumplir en ningún caso las especificaciones mínimas para poder ser recicladas.
- Nivelación de la plataforma añadiendo, si hiciera falta, el árido de aportación para conseguir los perfiles longitudinal y transversal previstos.

### 21.5.4. Fresado de la parte del firme que se vaya a reciclar

El fresado se realizará con el equipo y el método aprobados por el Director de las Obras después de la ejecución

**Tabla 21.3**  
Tolerancias admisibles sobre la fórmula de trabajo

Características		Unidad	Tolerancia
Cernido tamices UNE-EN 933-2	Tamaño máximo	% sobre la masa total del material a reciclar en seco	0
	> 4 mm		±6
	≤ 4 mm		±4
0,063 mm (incluido cemento)			±1,5
Cemento			±0,3
Humedad compactación (agua total)		% respecto de la óptima	-1,5/+0,5



del tramo de prueba, de acuerdo con lo establecido en el apartado 21.4. La velocidad de traslación del equipo y la velocidad de rotación del rotor de fresado serán constantes en cada tramo homogéneo, a fin de asegurar una profundidad uniforme de fresado y una buena homogeneidad del material reciclado. Se evitarán en lo posible las paradas, y cuando sean inevitables se cortarán de forma inmediata las entradas de lechada o cemento y de agua para evitar sobredosificaciones o encharcamientos. Deberá comprobarse con la frecuencia que el Director de las Obras considere necesario, que la granulometría del material fresado corresponde a la obtenida en el tramo de prueba y, por tanto, a la utilizada para la elaboración de la fórmula de trabajo.

Siempre que se observe que no se cumplen las tolerancias admisibles citadas en el apartado 21.5.2, se detendrá el reciclado hasta eliminar las causas de la anomalía (desgaste de picas, obstrucción de inyectores, etc.).

Donde resultase imposible el empleo de máquinas fresadoras, el material se demolerá con otros medios mecánicos, y los productos así obtenidos se trasladarán a un vertedero autorizado. Estas zonas se rellenarán con materiales que cumplirán en cualquier circunstancia las prescripciones establecidas para el conjunto de la unidad de obra.

#### 21.5.5. Distribución de cemento, agua y aditivos

El cemento, el agua y los aditivos se distribuirán uniformemente mediante equipos mecánicos con la dosificación fijada en la fórmula de trabajo. La distribución del cemento se realizará en forma de lechada y directamente en el mezclador del equipo de reciclado.

Antes de iniciar el proceso en obra se purgarán y pondrán a punto las bombas y los dispersores de agua y de lechada, fuera del lugar de empleo para garantizar las dotaciones establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua y uniforme. En cada parada del equipo de reciclado se realizará una limpieza de los difusores, y como mínimo dos veces al día (2/d). Las operaciones para abastecer de cemento al equipo dosificador se realizarán sin afectar al tráfico que circule por los carriles que se mantengan en servicio.

El Director de las Obras podrá autorizar la distribución del cemento en seco en obras pequeñas, cuya superficie a tratar sea menor de setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), o cuando sea conveniente por el exceso de humedad del firme a reciclar.

En el caso de que la distribución del cemento no se realice en forma de lechada, deberán coordinarse adecuadamente los avances del equipo de dosificación de cemento y del de reciclado, no permitiéndose que haya entre ambos una longitud extendida de cemento superior a cien metros (100 m). La extensión del cemento se detendrá cuando la velocidad del viento fuera excesiva, a juicio del Director de las Obras, o cuando supere los diez metros por segundo (10 m/s), o cuando la emisión de polvo afecte a zonas pobladas, ganaderas o especialmente sensibles.

Sólo en zonas de reducida extensión no accesibles a equipos mecánicos, el Director de las Obras podrá autorizar la distribución manual. Para ello, se utilizarán sacos de ce-

mento que se colocarán sobre el firme formando una cuadrícula de lados aproximadamente iguales, de acuerdo con la dosificación aprobada. Una vez abiertos los sacos, su contenido será distribuido rápida y uniformemente mediante rastrillos manuales o rastras de púas remolcadas.

No se distribuirá el cemento si hay encharcamientos superficiales.

En la distribución de cemento se tomarán las medidas adecuadas para el cumplimiento de la legislación que, en materia ambiental y de seguridad laboral, estuviese vigente.

#### 21.5.6. Ejecución de la mezcla y extensión

Inmediatamente después de la distribución del cemento deberá procederse a su mezcla con la capa que se vaya a reciclar.

Deberán tomarse las precauciones necesarias para evitar el tratamiento de cualquier porción de la superficie de la capa que se vaya a reciclar con encharcamientos, si es preciso deteniendo el proceso cuando se observe tal circunstancia.

La mezcla deberá obtener una dispersión homogénea del cemento, lo que se reconocerá por su color uniforme y la ausencia de grumos de cemento. Toda cantidad de cemento aplicada se deberá mezclar con el material disgregado antes de haber transcurrido una hora (1 h) desde su aplicación.

El equipo de reciclado deberá contar con los dispositivos necesarios para asegurar una mezcla homogénea en toda la anchura y profundidad del tratamiento. Si se detectaran segregaciones, partículas sin mezclar, o diferencias de contenido de cemento o de agua en partes de la superficie reciclada, deberá detenerse el proceso y realizar las oportunas correcciones hasta solucionar las deficiencias.

Cuando la anchura de la superficie a reciclar sea superior a la del equipo de trabajo, el reciclado se realizará por franjas paralelas, que se solaparán en una anchura comprendida entre quince (15) y treinta centímetros (30 cm) para no dejar materiales sin mezclar en sus bordes. Deberán adoptarse las precauciones necesarias para evitar que se produzcan sobredosificaciones de cemento o de agua en los solapes. En el caso de utilizar para el reciclado dos equipos en paralelo se adoptará la misma precaución en lo que se refiere a sus anchuras de trabajo; el desfase entre las dos máquinas será el menor posible, de modo que, compactando en toda la anchura, no se produzcan juntas longitudinales en el interior del carril.

En cada carril, la extensión y precompactación se realizarán en toda la anchura definida en los Planos del Proyecto. Para ello se utilizará una sola máquina de la anchura necesaria, o bien dos trabajando en paralelo con el mínimo desfase posible, de modo que, compactando en toda la anchura, no se produzcan juntas longitudinales en el interior de la zona reciclada.

La ejecución por franjas se deberá planificar adecuadamente para permitir el paso alternativo del tráfico si fuera necesario, dando la máxima relevancia a las condiciones de seguridad de la circulación y del personal de las obras.

Se delimitarán cuidadosamente los arcenes o zonas adya-

centes a la calzada a fin de evitar que los materiales de aquéllos se mezclen con los de ésta durante el reciclado.

La operación de extensión se detendrá si se observa que se produce segregación o contaminación o defectos en la regularidad superficial, y se procederá a efectuar las correcciones necesarias para impedirlo.

Donde resultase imposible el empleo del equipo de extensión aprobado, la mezcla reciclada podrá extenderse con otros dispositivos mecánicos más sencillos, que produzcan un producto terminado de características similares a las del resto de la unidad de obra.

#### 21.5.7. Incorporación del árido de aportación

Cuando sea necesaria la adición de un árido de aportación al material a reciclar, será incorporado a la mezcla por uno de los procedimientos siguientes, que será comprobado y aprobado por el Director de las Obras en el tramo de prueba correspondiente:

- Mediante su extensión en una capa de espesor uniforme sobre la superficie existente antes del fresado.
- Mediante su incorporación al proceso de mezcla de los materiales después de fresar. Este procedimiento requiere un equipo de recogida de material, dosificación y mezcla independiente de la máquina recicladora.

#### 21.5.8. Prefisuración

Antes de iniciar la compactación de la capa reciclada se realizarán en ella juntas transversales en fresco. Se empleará el equipo y el método de ejecución aprobados y fijados por el Director de las Obras, después de la realización del tramo de prueba.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, establecerá la distancia a la que deben realizarse las juntas transversales en fresco, dependiendo de la categoría de tráfico pesado, de la zona climática y del espesor de las capas que se dispongan por encima. La separación entre juntas estará comprendida, en general, entre tres (3) y cuatro metros (4 m).

El equipo para la ejecución de juntas transversales en fresco efectuará en cada pasada un surco recto interesando al menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa reciclada y al mismo tiempo introducirá en dicho surco un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo.

Donde resultase imposible el empleo del equipo de prefisuración aprobado o en obras pequeñas, cuya superficie a tratar sea menor de setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) y en las que así lo apruebe el Director de las Obras, la ejecución de juntas en fresco podrá realizarse con otros dispositivos mecánicos más sencillos, en los que el útil de corte abarque al menos un tercio (1/3) del espesor de la capa una vez compactada.

#### 21.5.9. Compactación

La compactación se realizará inmediatamente después de la mezcla y la ejecución de las juntas transversales en fresco para evitar pérdidas de humedad y permitir su finalización dentro del plazo de trabajabilidad del material.

La mezcla no podrá permanecer más de media hora (1/2 h) sin que se proceda a su compactación y terminación.

La compactación se realizará longitudinalmente, de manera continua y sistemática hasta que se alcance la densidad especificada en el apartado 21.7.1. Si la extensión se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior. Si la extensión se realiza con dos máquinas en paralelo con un ligero desfase, se compactarán las dos franjas a la vez.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano al equipo de reciclado, los cambios de dirección se harán sobre mezcla ya apisonada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

La compactación se iniciará longitudinalmente por el borde más bajo de la franja que se esté tratando, y se continuará hacia su borde más alto, solapándose las sucesivas pasadas. Durante la compactación se dispondrá de un equipo capaz de extender agua en forma de neblina sobre la superficie del firme reciclado, a fin de evitar que se produzcan desecaciones.

En una sección transversal cualquiera, la compactación de una franja deberá quedar terminada antes de que haya transcurrido el plazo de trabajabilidad de la adyacente ejecutada previamente.

En lugares inaccesibles para los compactadores se emplearán placas o rodillos vibrantes de características apropiadas para lograr resultados análogos a los obtenidos con el equipo de compactación aprobado.

#### 21.5.10. Terminación de la superficie

Una vez terminada la compactación no se permitirá su recrecimiento. Sin embargo, y siempre dentro del plazo de trabajabilidad establecido, se podrá hacer un refino con motoniveladora, procediendo a continuación a barrer la superficie y, tras una eventual humectación, a la recom compactación del área corregida. Los materiales procedentes del refino deberán ser retirados a un vertedero autorizado. Salvo justificación en contrario, la terminación final se efectuará utilizando rodillos lisos sin vibración.

Se eliminarán los excesos laterales sin la compactación adecuada, excepto si forman parte del talud exterior de la plataforma, que se tratará según lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto por el Director de las Obras.

#### 21.5.11. Ejecución de juntas

Después de haber extendido y compactado una franja, se realizará la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

Si se trabajase por franjas, se dispondrá una junta longitudinal donde la demora entre las operaciones en dos (2) contiguas rebasase el plazo de trabajabilidad de la mezcla.

Las juntas longitudinales entre la zona reciclada y el firme

existente deberán situarse en los bordes del carril o, si fuese indispensable, en su centro, pero nunca en las franjas de rodadura (rodadas).

La anchura de las franjas longitudinales de extensión se fijará de manera que se realice el menor número de juntas posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación y las características del equipo empleado.

Entre las sucesivas pasadas del equipo de reciclado deberá producirse un solape con el fin de evitar la existencia de zonas insuficientemente tratadas o la acumulación de segregaciones. Este solape vendrá impuesto por las anchuras de las máquinas y de la franja a tratar y generalmente estará comprendido entre quince (15) y treinta centímetros (30 cm). La máquina dosificadora-mezcladora deberá tener cerrados los difusores de cemento y de agua correspondientes a la franja de solape para evitar la producción de mezcla reciclada con dotaciones distintas de la especificada.

Se dispondrán juntas transversales de trabajo donde el proceso constructivo se interrumpiera un tiempo superior al de trabajabilidad de la mezcla.

Las juntas transversales de trabajo se efectuarán fresando el material de una zona ya tratada en la longitud suficiente, en general no menos de un diámetro del rotor-fresador, bajando hasta la profundidad especificada sin avanzar, para que pueda regularse con precisión la incorporación del cemento en la zona no tratada.

#### 21.5.12. Curado y protección superficial

Una vez finalizadas las operaciones de compactación y terminación, y en cualquier caso antes de transcurridas tres horas (3 h), se procederá a la aplicación de un riego de curado, de acuerdo con el artículo 532 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

Inmediatamente después, y salvo que la carretera vaya a permanecer cerrada a todo tipo de tráfico hasta la extensión de la capa superior de mezcla bituminosa, se procederá a la extensión de un árido de cobertura que cumplirá lo especificado en el artículo 532 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Tras su extensión se procederá al apisonado con un compactador de neumáticos y, previamente a la apertura al tráfico, se barrerá para eliminar el árido sobrante.

No se podrá circular sobre la superficie reciclada hasta que no se produzca la rotura de la emulsión de curado y esté asegurada su integridad bajo el tráfico.

#### 21.6. Tramo de prueba

Antes de iniciarse el reciclado in situ con cemento será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, que se realizará con el espesor y la fórmula de trabajo prescritos y empleando los mismos medios que vaya a utilizar luego el Contratista para la ejecución de las obras, para comprobar la fórmula de trabajo, el funciona-

miento de los equipos necesarios para la ejecución de las obras y, especialmente, la forma de actuación del equipo de compactación. Asimismo, se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad del reciclado con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de reciclado, granulometría, contenido de cemento y demás requisitos exigidos.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será inferior a doscientos metros (200 m) para carreteras con categoría de tráfico pesado T2 y a cien metros (100 m) en el resto de los casos. El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

Además, al comienzo de cada tramo homogéneo:

- Se comprobará la profundidad de fresado.
- Se ajustará la velocidad de avance del equipo para obtener la profundidad de fresado, la granulometría especificada y una mezcla uniforme y homogénea.
- Se determinará la granulometría del material fresado que se vaya a reciclar.
- Se comprobará y ajustará la fórmula de trabajo obtenida para ese tramo.

Asimismo, durante la ejecución del tramo de prueba se analizarán los aspectos siguientes:

- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación del cemento establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas, y otros métodos rápidos de control.
- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la densidad y la humedad in situ establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas, y otros métodos rápidos de control.
- Se comprobará en la mezcla la precisión de los sistemas de dosificación del cemento y del agua y, en su caso, de las adiciones.
- Se establecerán las relaciones entre humedad y densidad alcanzada.
- Se establecerán las relaciones entre orden y número de pasadas de los compactadores y la densidad alcanzada.
- Se medirá el esponjamiento de la capa reciclada, por diferencia de espesor antes del fresado y después de la compactación.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso se podrá iniciar la ejecución del reciclado. En el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación y en los sistemas de extensión, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, aprobará su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar equipos suplementarios.

Los resultados obtenidos en el tramo de prueba válido servirán para fijar la fórmula de trabajo definitiva y los valores de referencia para los ensayos de información.

Antes de transcurridos veintiséis días (26 d) de su puesta en obra y previamente a la ejecución de la siguiente capa se extraerán del tramo aceptado seis (6) testigos cilíndricos enteros, según la UNE 83302. Dichos testigos estarán situados en emplazamientos aleatorios que disten entre sí un mínimo de siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y separados más de cincuenta centímetros (50 cm) de cualquier grieta de retracción, junta transversal o borde visibles. Estos testigos se ensayarán a compresión simple, según la NLT-305, después de haber sido conservados durante cuarenta y ocho horas (48 h) al aire en ambiente de laboratorio, en las condiciones establecidas en la UNE 83302. El valor medio de los resultados de estos ensayos servirá de base para su comparación con los obtenidos en los ensayos de información a los que se refiere el apartado 21.10.

## 21.7. Especificaciones de la unidad terminada

### 21.7.1. Densidad

La densidad media en el espesor de la capa reciclada obtenida en cualquier punto será superior al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado según la UNE 103501, para la fórmula de trabajo aprobada, y con este valor se fabricarán las probetas para la determinación de la resistencia a compresión simple.

La densidad mínima en el fondo o en superficie de la capa reciclada no será inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad obtenida según la UNE 103501.

### 21.7.2. Resistencia mecánica

La resistencia a compresión simple a siete días (7d), según la NLT-305, no deberá ser inferior al límite especificado en el apartado 21.3.

### 21.7.3. Terminación, rasante, anchura y espesor

La superficie de la capa reciclada terminada deberá presentar una textura uniforme, exenta de segregaciones y de ondulaciones y con las pendientes adecuadas.

La rasante de la superficie terminada no deberá superar a la teórica en ningún punto ni quedar por debajo de ella en más de veinte milímetros (20 mm). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá modificar el límite anterior.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa reciclada, que en ningún caso deberá ser inferior ni superar en más de diez centímetros (10 cm) a la establecida en los Planos de secciones tipo.

El espesor de la capa no deberá ser inferior en ningún punto al previsto para ella en los Planos de secciones tipo.

### 21.7.4. Regularidad superficial

El índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, de la capa terminada deberá cumplir lo fijado en la Tabla 21.4.

**Tabla 21.4**  
**Índice de regularidad internacional**

Porcentaje de hectómetros	IRI (dm/hme)
50	< 3,0
80	< 3,5
100	< 4,5

## 21.8. Limitaciones de la ejecución

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la ejecución del reciclado in situ con cemento:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea superior a los treinta y cinco grados Celsius (35 °C).
- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C). El Director de las obras podrá aumentar este límite, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

En los casos en los que el Director de las Obras autorice la extensión del cemento en seco, su distribución deberá interrumpirse cuando la fuerza del viento sea excesiva, a juicio de aquel, teniendo siempre en cuenta las medidas necesarias para el cumplimiento de la legislación que, en materia ambiental y de seguridad y salud, estuviese vigente y respetando las limitaciones indicadas en el apartado 21.5.5.

## 21.9. Control de calidad

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso el método de control, tamaño del lote y tipo y número de ensayos a realizar. También se establecerán los métodos rápidos de control que pueden utilizarse y las condiciones básicas de empleo.

Los ensayos in situ se realizarán y, en su caso, las muestras se tomarán y los testigos se extraerán en puntos previamente seleccionados mediante un muestreo aleatorio, tanto longitudinal como transversalmente, realizado de forma que haya al menos uno por cada hectómetro (1/hm).

### 21.9.1. Control de procedencia de los materiales

#### 21.9.1.1. Cemento

El cemento deberá cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 202 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

#### 21.9.1.2. Árido de aportación

Se examinará la descarga al acopio o al equipo de extensión, desechando los áridos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo. Se acopiarán aparte las partidas que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, arcilla, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo.

En su caso, se vigilará la altura de los acopios y el estado de su contorno y accesos.

Si con el árido se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias del artículo 500 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) o estuviesen en posesión de una marca, sello o distintivo de calidad homologado, según lo indicado en el apartado 21.12, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia del árido no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el apartado anterior, de cada procedencia del árido y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se realizarán los siguientes ensayos:

- Al menos una vez al día (1/d):
  - Granulometría, según la UNE-EN 933-1.
  - Equivalente de arena, según UNE-EN 933-8 y, en su caso, azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Al menos una vez a la semana, o cuando se cambie el suministro o lugar de procedencia:
  - Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y 103104, respectivamente.
  - Contenido de materia orgánica, según la UNE 103204.
  - Contenido de compuestos de azufre, según la UNE-EN 1744-1.
- Al menos una vez al mes, o cuando se cambie de procedencia, y al menos tres veces durante la ejecución de las obras:
  - Índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
  - Coeficiente de Los Angeles, según la UNE-EN 1097-2.

## 21.9.2. Control de ejecución

### 21.9.2.1. Dosificación del cemento

Cuando el cemento se incorpore directamente a la recicladora en forma de lechada, se controlará al menos una vez por la mañana y otra por la tarde el funcionamiento de las boquillas de inyección. Asimismo se contrastará diariamente el consumo efectivo de cemento con la información proporcionada por el microprocesador para control del volumen de lechada añadido.

Cuando el Director de las Obras autorice que el cemento se extienda en seco sobre el firme a reciclar, su dotación se controlará mediante una lona o bandeja de superficie y masa conocidas, que se colocará antes de la extensión del material y se pesará con posterioridad. Dicho control se realizará al menos una vez por la mañana y otra por la tarde, debiendo incrementarse su frecuencia en días de viento.

### 21.9.2.2. Fresado y mezcla reciclada

Al menos dos veces al día (2/d), una por la mañana y otra por la tarde, y al menos una vez por lote, definido en el

apartado 21.9.3, se tomará una muestra del material a la salida de la recicladora para determinar su granulometría, según la UNE-EN 933-1.

Al menos dos veces al día (2/d), una por la mañana y otra por la tarde, y al menos una vez por lote, definido en el apartado 21.9.3, se determinará el contenido de humedad de la mezcla según la UNE 103300.

Al menos dos veces al día (2/d), una por la mañana y otra por la tarde, y al menos una vez por lote, definido en el apartado 21.9.3, se tomará una muestra del material a la salida de la recicladora para realizar dos (2) series de tres (3) probetas cada una de ellas, de acuerdo con la NLT-310.

Si el reciclado se realiza con dos equipos trabajando en paralelo, se fabricarán por cada uno de ellos las mismas probetas indicadas en el párrafo anterior.

Dichas probetas se conservarán en las condiciones previstas en la UNE 83302 y se ensayarán a compresión simple, a las edades especificadas, de acuerdo con la NLT-305.

Tanto el número de series como el de probetas por serie podrán ser incrementados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o bien por el Director de las Obras.

La adición de agua o de lechada se controlará con el caudalímetro de la recicladora, que dispondrá de un sistema automático de registro, de forma que se obtenga en cada tramo la humedad especificada.

Además se comprobará con la frecuencia necesaria, a juicio del Director de las Obras, que la profundidad y anchura de reciclado y la velocidad del rotor y de avance del equipo son las autorizadas de acuerdo con el apartado 21.6.

Se comprobará a menudo el espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras, teniendo en cuenta la disminución que experimentará el material al ser compactado.

Se comprobará con la frecuencia necesaria, a juicio del Director de las Obras, el aspecto de la mezcla reciclada, especialmente la dispersión homogénea del cemento, homogeneidad de la superficie y la ausencia de grumos y segregaciones.

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación y limpieza.
- El lastre y masa total de los compactadores y, en su caso, la presión de inflado de las ruedas de los compactadores de neumáticos.
- La frecuencia y la amplitud de los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

En cada una de las franjas de reciclado se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de siete (7) por cada lote de los definidos en el apartado 21.9.3. En el caso de usarse sonda nuclear u otros métodos rápidos de control, éstos habrán sido convenientemente contrastados en la realización del tramo de prueba.



Cuando las determinaciones se realicen mediante sonda nuclear, para la determinación de la densidad media la varilla con la fuente radiactiva deberá introducirse hasta el fondo de la capa reciclada, o al menos hasta treinta centímetros (30 cm) de profundidad si el espesor a tratar fuera superior. En caso de que las densidades obtenidas fuesen inferiores a las especificadas se proseguirá el proceso de compactación hasta alcanzar los valores prescritos.

Se controlará que la superficie del material reciclado permanezca constantemente húmeda antes de la extensión del producto de curado.

Se realizará, como mínimo, un control diario de la dotación de emulsión bituminosa empleada para el curado y, en su caso, del árido de cobertura, mediante el pesaje de bandejas metálicas u otros dispositivos similares de superficie y masa conocidas, colocados sobre la capa reciclada durante la aplicación del riego de curado.

### 21.9.3. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes, dentro de cada tramo homogéneo:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>).
- La fracción construida diariamente.

Se extraerán testigos cilíndricos en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior al establecido por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto por el Director de las Obras, y sobre ellos se determinará el espesor de capa. El número mínimo de testigos por lote será de dos (2), aumentándose hasta cinco (5) si el espesor de alguno de los dos (2) primeros fuese inferior al prescrito. Los orificios producidos se rellenarán con material de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente compactado y enrasado.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará mediante el índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 21.7.4.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa.

## 21.10. Criterios de aceptación y rechazo

### 21.10.1. Densidad

La densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el apartado 21.7.1. No más de dos (2) individuos de la muestra ensayada del lote presentará un valor inferior al prescrito en más de dos (2) puntos porcentuales.

Si la densidad media obtenida es inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad máxima, obtenida en el ensayo Proctor modificado, según la UNE 103501, se

levantará mediante fresado la capa de material reciclado correspondiente al lote controlado y se repondrá, con un material aceptado por el Director de las Obras, por cuenta del Contratista. Si la densidad media obtenida no es inferior al noventa y cinco por ciento (95%) se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de material reciclado correspondiente al lote controlado.

### 21.10.2. Resistencia

La resistencia de un lote a una determinada edad se calculará como media de las resistencias de las probetas fabricadas de acuerdo con lo indicado en el apartado 21.3.

Si la resistencia del lote fuera inferior a la exigida, pero no a su noventa por ciento (90%), el Contratista podrá elegir entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o solicitar la realización de ensayos de información. Dichas sanciones no podrán ser inferiores a la aplicación de una penalización al precio unitario del lote, cuya cuantía sea igual a dos (2) veces la merma de resistencia, expresadas ambas en porcentaje.

Si la resistencia del lote fuera menor del noventa por ciento (90%) de la exigida se realizarán ensayos de información. Para ello antes de transcurridos veintiséis días (26 d) de su puesta en obra se extraerán del lote seis (6) testigos cilíndricos enteros, según la UNE 83302. Dichos testigos estarán situados en emplazamientos aleatorios que disten entre sí un mínimo de siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y separados más de cincuenta centímetros (50 cm) de cualquier grieta de retracción, junta transversal o borde visibles. Estos testigos se ensayarán a compresión simple, según la NLT-305, después de haber sido conservados durante cuarenta y ocho horas (48 h) al aire en ambiente de laboratorio, en las condiciones establecidas en la UNE 83302.

El Director de las Obras podrá autorizar que los testigos de referencia se extraigan de un lote aceptado cuya situación e historial lo hicieran comparable a aquél que vaya a ser sometido a ensayos de información.

El valor medio de los resultados de estos ensayos se comparará con el valor medio de los resultados del tramo de referencia:

- Si no fuera inferior, el lote se considerará aceptable.
- Si fuera inferior a él, pero no inferior a su noventa por ciento (90%), se aplicarán al lote las sanciones previstas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si fuera inferior al noventa por ciento (90%), pero no a su setenta por ciento (70%), el Director de las Obras podrá aplicar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y ordenar un aumento de espesor de las capas superiores que compense la merma de resistencias, sin incremento de coste para la Administración. En los restantes casos el Director de las Obras ordenará la demolición del lote y su reconstrucción a expensas del Contratista. Las sanciones referidas no podrán ser inferiores a la aplicación de una penalización al precio unitario del lote, cuya cuantía sea igual a dos (2) veces la merma de resistencia, expresadas ambas en porcentaje.

### 21.10.3. Espesor

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos de secciones tipo. No más de dos (2) individuos de la muestra ensayada del lote presentarán resultados que bajen del especificado en más de un diez por ciento (10%).

Si el espesor medio obtenido es inferior al especificado, se compensará la diferencia con un espesor adicional equivalente de la capa superior aplicado en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista.

### 21.10.4. Rasante

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas, ni existirán zonas que retingan agua. Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el Director de las Obras podrá aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario sin incremento de coste para la Administración. Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, se corregirá este mediante fresado por cuenta del Contratista, siempre que esto no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos.

### 21.10.5. Regularidad superficial

Los resultados de la medida de la regularidad superficial de la capa acabada no excederán de los límites establecidos en el apartado 21.7.4. Si los resultados de la regularidad superficial de la capa terminada exceden los límites, se procederá de la siguiente manera:

- Si es en más del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado se corregirán los defectos mediante fresado por cuenta del Contratista.
- Si es en menos de un diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

### 21.11. Medición y abono

El cemento empleado en el reciclado se abonará por toneladas (t), obtenidas multiplicando la medición abonable de mezcla reciclada por la menor de las dos cantidades siguientes: dosificación establecida en la fórmula de trabajo o dosificación media deducida de los ensayos de control de cada lote.

La ejecución del reciclado se abonará por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de superficie reciclada con el espesor indicado en los Planos de la sección tipo, el cual se entiende como mínimo en cualquier punto. Dicha superficie se obtendrá multiplicando las anchuras de las secciones tipo señaladas en los Planos por la longitud realmente ejecutada.

En dicho abono se considera incluida la disgregación por fresado de las capas del firme existente, la mezcla y homogeneización del material fresado, el agua de amasado y, en su caso, los aditivos, la extensión, la prefisuración, la compactación y la terminación de la mezcla reciclada.

El árido de aportación, en su caso, se abonará por toneladas (t), obtenidas aplicando a la medición abonable de ejecución del reciclado, la dosificación de la fórmula de trabajo para ese tramo.

No tendrán derecho a un incremento de abono las zonas solapadas o las superficies que por sus defectos haya sido necesario reciclar en más de una pasada.

No serán de abono las creces laterales, ni la limpieza de la superficie existente.

La aplicación del ligante bituminoso para el curado se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, medidas antes de su empleo.

El árido de protección superficial, incluidos su extensión y su aplanado, se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra.

### 21.12. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles -públicos y privados- autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/95, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

- NLT-305 Resistencia a compresión simple de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos.
- NLT-310 Compactación con martillo vibrante de materiales granulares tratados.
- NLT-330 Cálculo del índice de regularidad internacional IRI en pavimentos de carreteras.
- UNE 41240 Materiales tratados con conglomerantes hidráulicos. Métodos de ensayo. Determinación del plazo de trabajabilidad.
- UNE 80243 Métodos de ensayo de cementos. Análisis químico. Determinación del óxido de calcio libre; método del etilenglicol.
- UNE 83302 Ensayos de hormigón. Extracción y conservación de probetas testigo.
- UNE 103103 Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.
- UNE 103104 Determinación del límite plástico de un suelo.



- UNE 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
- UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103501 Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.
- UNE 146507-1 Ensayos de áridos. Determinación de la reactividad potencial de los áridos. Método químico. Parte 1: determinación de la reactividad álcali-sílice y álcali-silicato.
- UNE-EN 196-3 Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.
- UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.
- UNE-EN 933-2 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.
- UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
- UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
- UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.
- UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
- UNE-EN 1744-2 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
- Acopio del material procedente de pavimentos bituminosos envejecidos.
- Tratamiento del material bituminoso a reciclar en bruto.
- Caracterización y acopio del material bituminoso a reciclar tratado.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Transporte de la mezcla al lugar de empleo.
- Preparación de la superficie sobre la que se va a extender la mezcla.
- Extensión y compactación de la mezcla.

## 22.2. Materiales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/92 (modificado por el Real Decreto 1328/95), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE; en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

Independientemente de lo anterior, se estará en todo caso, además, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de la construcción.

### 22.2.1. Ligante hidrocarbonado

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear de acuerdo con los artículos 211 o 215 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Dicho ligante será seleccionado en función de la proporción y las características del ligante procedente del material bituminoso a reciclar, de forma que al combinarse con éste se obtenga un ligante con características similares a las de los indicados en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) dependiendo de la capa a que se destine la mezcla bituminosa reciclada en caliente, de la zona térmica estival en que se encuentre y de la categoría de tráfico pesado.

El tipo y proporción del ligante de aportación necesario se definirá en función de la penetración del ligante final.

Para obras de más de setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) o cuando las mezclas bituminosas recicladas contengan más del veinticinco por ciento (25%) de material bituminoso a reciclar respecto de la masa total de la mezcla, se realizará un estudio completo del ligante procedente del material bituminoso a reciclar y del ligante final. En ese estudio se analizarán, además de la penetración, los valores del punto de reblandecimiento, del punto de fragilidad, de la ductilidad y del índice de penetración, de forma que se asegure que el ligante final presenta unas características similares a las del betún convencional correspondiente.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá establecer el empleo de aditivos, tales como activantes o agentes rejuvene-

## Artículo 22. Reciclado en central en caliente de capas bituminosas

### 22.1. Definición

Se define como reciclado en central en caliente de capas bituminosas la técnica consistente en la utilización del material resultante de la disgregación (mediante fresado, o demolición y trituración) de capas de mezcla bituminosa de pavimentos envejecidos en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente de las definidas en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

A los efectos de la aplicación de este artículo, una mezcla bituminosa reciclada contendrá una proporción en masa del material bituminoso a reciclar comprendida entre el diez (10) y el cincuenta por ciento (50%) de la masa total de la mezcla.

La ejecución de una mezcla bituminosa reciclada en central en caliente incluye las siguientes operaciones:

necedores, que recompongan y aporten las fracciones que hayan desaparecido o se encuentren en proporciones menores a las necesarias en el ligante envejecido.

**22.2.2. Áridos**

Los áridos nuevos a emplear en las mezclas bituminosas recicladas en central en caliente deberán cumplir las correspondientes especificaciones recogidas en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

**22.2.3. Material bituminoso a reciclar y su tratamiento**

Se entenderá por material bituminoso a reciclar el material procedente de la disgregación, por fresado o trituración, de capas de mezcla bituminosa. Este material estará compuesto por áridos de buena calidad y bien graduados cubiertos por betún asfáltico envejecido. También podrán incluirse dentro de este material los excedentes de fabricación de cualquier tipo de mezcla bituminosa, que sin presentar problemas de calidad en cuanto a sus componentes y envuelta, no haya sido colocada en obra (material sobrante, material rechazado en la extensión por baja temperatura, etc.).

A la central de fabricación podrán llegar materiales bituminosos procedentes de pavimentos de distintas características que se acopiarán constituyendo el material bituminoso a reciclar en bruto. En todo caso, el material bituminoso a reciclar no podrá contener más del veinte por ciento (20%) de mezclas bituminosas distintas de los tipos densas (D), semidensas (S) o gruesas (G) definidos en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

En principio, todos los materiales recuperados de mezclas bituminosas son susceptibles de ser reciclados, excepto los que hayan presentado deformaciones plásticas. Sobre los

que contengan en su composición original adiciones modificadoras de la reología del ligante bituminoso o del comportamiento mecánico de la mezcla bituminosa (fibras, caucho, etc.), debido a la posible emisión de contaminantes a la atmósfera durante el proceso de fabricación de la nueva mezcla, se deberá hacer un estudio especial.

También deberá realizarse un estudio especial cuando el material bituminoso a reciclar contenga los siguientes materiales definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3): riegos con gravilla (artículo 533), lechadas bituminosas (artículo 540), mezclas bituminosas drenantes (artículo 542) o mezclas bituminosas discontinuas en caliente (artículo 543).

El material que se incorporará al proceso de producción deberá ser homogéneo, no contener contaminantes y estar totalmente caracterizado y referenciado, por lo que el material bituminoso a reciclar en bruto se someterá en la central aun tratamiento previo de trituración, eliminación de contaminantes y homogeneización. El proceso anterior convertirá el material bituminoso a reciclar en bruto en material bituminoso a reciclar tratado.

El material bituminoso a reciclar tratado, una vez disgregado, deberá pasar en todo caso por el tamiz 25 mm de la UNE 933-2.

Las propiedades del material bituminoso a reciclar tratado deberán cumplir, en cualquier caso, con las características señaladas en los apartados siguientes.

**22.2.3.1. Homogeneidad del material bituminoso a reciclar**

Para la utilización de cualquier acopio de material bituminoso a reciclar, la granulometría de los áridos tras la extracción del ligante y el contenido de éste deberán cumplir, respecto a los valores especificados en la fórmula de trabajo, las tolerancias indicadas en la Tabla 22.1.

**Tabla 22.1**  
**Tolerancias sobre la fórmula de trabajo del material bituminoso a reciclar**

Características	Unidad	Tolerancia
Cernido tamices	> 2 mm	±5
	>0,063 mm y ≤ 2 mm	±3
	0,063 mm	±1,5
Contenido de ligante		±0,4
Penetración del ligante recuperado	0,1 mm	+4

**22.2.3.2. Contaminantes**

El material bituminoso a reciclar tratado deberá estar exento de materiales contaminantes: hormigones, morteros, ladrillos, cemento, metales, maderas, materiales sintéticos, etc., y especialmente de aquellos que en la fabricación de la mezcla reciclada pudieran producir contaminación atmosférica.

**22.2.3.3. Ligante hidrocarbonado del material bituminoso a reciclar**

El ligante hidrocarbonado procedente del material bituminoso a reciclar, deberá ser susceptible de mezclarse ho-

mogéneamente con el ligante hidrocarbonado de aportación, y dar lugar a un producto de características similares a los betunes indicados en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

**22.2.3.4. Árido del material bituminoso a reciclar**

Los áridos procedentes del material bituminoso a reciclar no deberá presentar signos de meteorización y deberán poseer unas propiedades de dureza y calidad similares a las exigidas en el artículo 542 del Pliego de Prescripcio-

nes Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) a los áridos nuevos de aportación.

Estas propiedades deberán ser evaluadas directamente con los ensayos establecidos en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) para los áridos nuevos. El Director de las Obras podrá aceptar como evaluación indirecta de dichas propiedades los ensayos mecánicos a realizar sobre la mezcla bituminosa reciclada, en particular, la resistencia conservada en el ensayo de inmersión-compresión, según la NLT-162, que deberá ser como mínimo del setenta y cinco por ciento (75%).

#### 22.2.4. Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará los aditivos que puedan utilizarse, estableciendo las especificaciones que tendrán que cumplir tanto el aditivo como las mezclas bituminosas resultantes. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

#### 22.3. Tipo y composición de la mezcla

El tipo y características de la mezcla bituminosa en caliente reciclada será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares entre las especificadas en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y las prescripciones complementarias siguientes.

No se emplearán mezclas bituminosas recicladas en caliente para la fabricación de mezclas de alto módulo (MAM) con características asociadas de mayor capacidad estructural respecto a mezclas bituminosas en caliente tipo densas (D), semidensas (S) o gruesas (G).

La denominación del tipo de mezcla bituminosa en caliente reciclada se compondrá añadiendo a la denominación del tipo de mezcla correspondiente del artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) la letra «R» y dos dígitos que indiquen la proporción de material bituminoso reciclado empleado en la mezcla (por ejemplo, S20R35).

La dotación total de ligante hidrocarbonado (el de aportación más el procedente del material bituminoso a reciclar) no será inferior expresada en proporción en masa sobre el total de los áridos en seco de la mezcla (incluido el polvo mineral y los áridos procedentes del material bituminoso a reciclar), al cuatro por ciento (4%) en capas intermedias y al tres y medio por ciento (3,5%) en capas de base, incluidas las tolerancias.

La dotación de ligante de aportación deberá ser como mínimo el sesenta por ciento (60%) de la dotación total del ligante hidrocarbonado de la mezcla reciclada.

La razón entre la estabilidad Marshall y la deformación Marshall será inferior a ocho kilonewton por milímetro (8 kN/mm).

#### 22.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

El equipo necesario para la ejecución de las obras cumplirá las especificaciones establecidas en el artículo 542

del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), teniendo en cuenta las siguientes prescripciones adicionales.

##### 22.4.1. Central de trituración

Cuando el material bituminoso a reciclar presente problemas de homogeneidad o un tamaño excesivo se procederá a su trituración y mezcla.

Para la trituración se usarán instalaciones de trituración que proporcionen un producto granular uniforme. En el caso de que haya contaminantes de tipo metálico se dotará a la central de trituración de un dispositivo para su detección y eliminación.

##### 22.4.2. Central de fabricación

Las centrales de fabricación serán capaces de adicionar durante el proceso de mezcla en caliente el material bituminoso a reciclar sin deterioro de los materiales. Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental.

En las centrales de fabricación continua con tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación deberá ser ponderal, para el material bituminoso a reciclar, y deberá tener en cuenta la humedad de éste, para corregir la dosificación en función de ella. La central deberá disponer de un dispositivo que permita la incorporación del material bituminoso a reciclar tras la llama, de forma que no exista riesgo de contacto con ella. Los gases producidos en el calentamiento del material bituminoso a reciclar deberán ser quemados durante el proceso, debiendo evitarse en todo momento su emisión a la atmósfera.

Las centrales de fabricación de tambor secador-mezclador, en las que el flujo de áridos coincide con el del tiro del humo, no se emplearán si las cantidades de material bituminoso a reciclar superan el veinticinco por ciento (25%).

De las centrales de fabricación continuas de tambor secador-mezclador se emplearán preferentemente aquellas en las que el flujo de áridos va en contra del tiro del humo o las que tengan doble tambor, que eviten la exposición directa a la llama del material bituminoso a reciclar.

Las centrales de fabricación discontinua deberán estar provistas de un tambor secador independiente para el material bituminoso a reciclar. Los gases producidos en su calentamiento deberán ser recogidos y quemados durante el proceso de fabricación de la mezcla, evitándose en todo momento su emisión a la atmósfera. Además éstas centrales deberán estar provistas de silos para almacenar en caliente el material bituminoso a reciclar, y un sistema de dosificación ponderal del material bituminoso a reciclar.

#### 22.5. Ejecución de las obras

Se cumplirán las especificaciones del artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), con las prescripciones complementarias siguientes.

### 22.5.1. Acopio del material bituminoso a reciclar en bruto

El material bituminoso a reciclar podrá emplearse en la misma obra de la que procede o acopiarse para su posterior utilización en otro lugar. Los acopios deberán estar cubiertos y el tiempo de almacenamiento se reducirá al mínimo posible para evitar que el contenido de humedad del material bituminoso a reciclar aumente excesivamente. Cuando se prevean temperaturas superiores a los treinta grados Celsius (30 °C), los acopios no superarán los tres metros (3 m) de altura, para evitar que el material bituminoso a reciclar se aglomere.

Se examinará la descarga al acopio desechando los materiales que a simple vista presenten contaminaciones.

Deberá llevarse un registro de la procedencia del material bituminoso a reciclar, identificando y acopiando aparte los materiales provenientes de mezclas distintas de los tipos densas (D), semidensas (S) o gruesas (G) definidos en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

También deberán acopiarse aparte los materiales para los que sea necesario realizar un estudio especial según el apartado 22.2.3 hasta la decisión de su aceptación o rechazo.

### 22.5.2. Tratamiento del material bituminoso a reciclar bruto

El material bituminoso a reciclar bruto se tratará y mezclará para su homogeneización y descontaminación.

Para ello se triturarán todos los bloques y bolos con objeto de que todo el material pase por el tamiz 25 mm de la UNE-EN 933-2.

Se procederá también a la eliminación de cualquier contaminante, y en especial se usará un procedimiento de detección y eliminación de elementos metálicos.

Posteriormente el material deberá ser mezclado hasta obtener un producto homogéneo, que no presente segregaciones.

### 22.5.3. Caracterización y acopio del material bituminoso a reciclar tratado

Una vez tratado el material bituminoso a reciclar, se dispondrá en acopios homogéneos. Para que un acopio se considere homogéneo, realizados los ensayos del apartado 22.9.1, los valores de los resultados cumplirán las tolerancias establecidas en la Tabla 22.1.

Los materiales que cumplan los criterios de homogeneidad se podrán acopiar juntos. Cada acopio homogéneo quedará identificado y caracterizado por los resultados de los ensayos realizados según el apartado 22.9.1 y podrá emplearse en la fabricación de mezcla bituminosa reciclada en caliente con una misma fórmula de trabajo.

Los acopios de material bituminoso a reciclar tratado serán considerados como lotes aislados, evitando que se mezclen y contaminen entre ellos. El volumen de cada uno de estos acopios será el suficiente para garantizar, al menos, el trabajo de un día o la producción requerida si

ésta es menor, con objeto de no cambiar la fórmula de trabajo y poder controlar e identificar adecuadamente la mezcla fabricada.

Los acopios deberán situarse en una zona bien drenada y sobre una superficie revestida. Si se dispusieran en terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los acopios. Los acopios se formarán por capas. Deberá vigilarse la altura de los acopios para evitar que el material bituminoso se aglomere, especialmente con temperaturas altas, limitándose aquella a tres metros (3 m) cuando se prevean temperaturas superiores a los treinta grados Celsius (30 °C).

Los acopios deberán estar a cubierto y el tiempo de almacenamiento se reducirá al mínimo posible para evitar que el contenido de humedad aumente excesivamente.

### 22.5.4. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo fijará, además de las características establecidas en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) las siguientes:

- Proporción en masa del material bituminoso a reciclar, referido a la masa total de áridos nuevos de aportación más el material bituminoso a reciclar.
- Granulometría del árido contenido en el material bituminoso a reciclar, por los tamices 40; 25; 20; 12,5; 8; 4; 2; 0,500; 0,250; 0, 125; y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2, y contenido de ligante hidrocarbonado del material bituminoso a reciclar, referido a la masa total del material bituminoso a reciclar.
- La identificación y proporción de cada fracción del árido nuevo de aportación (incluido el polvo mineral de aportación) en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente, referidas a la masa total de los áridos nuevos de aportación más el material bituminoso a reciclar.
- La granulometría de los áridos de la mezcla bituminosa reciclada, resultado de la combinación de los áridos aportados más los procedentes del material bituminoso a reciclar, por los tamices 40; 25; 20; 12,5; 8; 4; 2; 0,500; 0,250; 0, 125; y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.
- Tipo y características del ligante hidrocarbonado de aportación.
- La dosificación de ligante hidrocarbonado de aportación, referida a la masa total de los áridos nuevos de aportación más el material bituminoso a reciclar.
- En su caso, el tipo y la dotación de las adiciones, referida a la masa total del árido combinado.
- La densidad mínima a alcanzar.

También se señalarán:

- Los tiempos a exigir para la mezcla de los áridos nuevos con el material bituminoso a reciclar y de ésta con el ligante.
- Las temperaturas máxima y mínima y la humedad máxima del material bituminoso a reciclar en la tolva y en la báscula de dosificación a la entrada del mezclador (en ningún caso se calentará el material bituminoso a reciclar a una temperatura superior a la del ligante de aportación).

Los tiempos para la mezcla en caliente de los áridos y para la mezcla con el ligante vendrán determinados por la homogeneidad de la mezcla, la total desintegración de los nódulos de material bituminoso a reciclar y la incorporación del ligante, y en su caso del aditivo rejuvenecedor, con el ligante del material a reciclar.

#### 22.5.5. Fabricación de la mezcla

Los dosificadores de áridos en frío y del material bituminoso a reciclar se regularán de forma que se obtenga la granulometría de la fórmula de trabajo; su caudal se ajustará a la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador de áridos y del calentador de material bituminoso a reciclar.

Los gases desprendidos al calentar el material bituminoso a reciclar deberán ser recogidos y quemados durante el proceso, evitando su vertido a la atmósfera.

En centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador, si la alimentación fuese continua, los áridos calentados y, en su caso, clasificados, se pesarán y se transportarán al mezclador, incorporando el material bituminoso a reciclar en la zona de pesaje en caliente a la salida del secador. Si la alimentación de éste fuese discontinua, después de haber introducido los áridos en el mezclador, se pesará e introducirá el material bituminoso a reciclar junto al polvo mineral y, después de un tiempo de disgregación, calentamiento y mezcla, se agregará el ligante hidrocarbonado, y en su caso los aditivos, para cada amasada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado en la fórmula de trabajo.

En centrales de mezcla continua con tambor secador-meclador se aportará el material bituminoso a reciclar tras la llama de forma que no exista riesgo de contacto con ella.

#### 22.6. Tramo de prueba

Se cumplirán las especificaciones del artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

#### 22.7. Especificaciones de la unidad terminada

Se cumplirán las especificaciones del artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

#### 22.8. Limitaciones de la ejecución

Se cumplirán las especificaciones del artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

#### 22.9. Control de calidad

Se cumplirán las especificaciones del artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), con las prescripciones complementarias siguientes.

##### 22.9.1. Control de procedencia del material bituminoso a reciclar

Se tomarán muestras del material bituminoso a reciclar tratado con objeto de analizar su homogeneidad y caracterizar los acopios.

Para ello, por cada quinientas toneladas (500 t) de acopio de material tratado, si se va a emplear en la fabricación de la mezcla un porcentaje de material bituminoso reciclado inferior al veinticinco por ciento (25%), y por cada doscientas toneladas (200 t) de acopio, si se va a emplear un porcentaje de material bituminoso superior a esa cantidad, se tomarán cinco (5) muestras y de cada una de ellas se determinará:

- Granulometría del material disgregado, según la UNE-EN 933-1.
- Contenido de ligante, según la NLT-164.
- Granulometría de los áridos recuperados, según la NLT-165.

Además, de dos (2) de ellas se determinará también:

- Penetración del ligante recuperado, según la NLT-124.
- Punto de reblandecimiento anillo y bola del ligante recuperado, según la NLT-125.
- Índice de penetración del ligante recuperado, según la NLT-181.
- Coeficiente de Los Ángeles del árido recuperado, según la UNE-EN 1097-2.
- Densidad relativa y absorción del árido recuperado, según las NLT-153 y NLT-154.

Para obras de más de setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>) o mezclas bituminosas recicladas que contengan más del veinticinco por ciento (25%) de material bituminoso a reciclar respecto de la masa total de la mezcla, se determinará además:

- Punto de fragilidad Fraass, según la NLT-182.
- Ductilidad, según la NLT-126.

##### 22.9.2. Control de calidad del material bituminoso a reciclar

Se examinará cada acopio de material bituminoso a reciclar, desechando los que no cumplan con los límites de tolerancias de granulometría y de contenido de ligante establecidos en el apartado 22.2.3.1.

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

Sobre cada acopio que se utilice se realizarán los siguientes ensayos:

- Al menos dos veces al día (2/d):
  - Granulometría del material disgregado, según la UNE-EN 933-1.
  - Contenido de ligante, según la NLT-164.
  - Granulometría de los áridos recuperados, según la NLT-165.
- Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:
  - Penetración del ligante recuperado, según la NLT-124.



- Punto de reblandecimiento anillo y bola del ligante recuperado, según la NLT-125.
  - Índice de penetración del ligante recuperado, según la NLT-181.
  - Densidad relativa y absorción del árido recuperado, según las NLT-153 y NLT-154, respectivamente.
- Al menos una (1) vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:
- Punto de fragilidad Fraass del ligante recuperado, según la NLT-182.
  - Ductilidad del ligante recuperado, según la NLT-126.

### 22.9.3. Control de ejecución

#### 22.9.3.1. Fabricación

Al comenzar la fabricación y al menos dos veces al día, o cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas cada hora, se determinará la humedad, según la UNE 103300, del material bituminoso a reciclar, en la tolva o cinta de carga desde el acopio y en la descarga de la tolva de dosificación y alimentación al mezclador.

#### 22.9.4. Control de recepción de la unidad terminada

Para obras de más de setenta mil metros cuadrados (70.000 m<sup>2</sup>), mezclas bituminosas recicladas que contengan más del veinticinco por ciento (25%) de material bituminoso a reciclar respecto de la masa total de la mezcla o cuando existan dudas razonables sobre la calidad de la mezcla, el Di-

rector de las Obras podrá exigir de los testigos extraídos de acuerdo con lo especificado en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), la determinación, además de su densidad y de su espesor, de la resistencia a tracción indirecta, según la NLT-346, a la temperatura de cinco grados Celsius (5 °C), empleando los dispositivos de carga (barras) recogidos en el apartado 2.2 de la norma NLT-360 para la determinación del módulo resiliente.

La resistencia a tracción deberá ser determinada tanto en seco, directamente sobre los testigos extraídos, como en húmedo, sobre testigos que hayan permanecido sumergidos durante veinticuatro horas (24 h) en agua a la temperatura de sesenta grados Celsius (60 °C).

### 22.10. Criterios de aceptación o rechazo

Se cumplirán las especificaciones del artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), y las siguientes prescripciones adicionales.

#### 22.10.1. Resistencia a tracción indirecta en seco y en húmedo

La resistencia media a tracción indirecta, según la NLT-346, a la temperatura de cinco grados Celsius (5°C), empleando los dispositivos de carga (barras) recogidos en el apartado 2.2 de la norma NLT-360 para la determinación del módulo resiliente, deberá cumplir los valores indicados en la Tabla 22.2.

**Tabla 22.2**  
**Resistencia mínima a tracción indirecta de los testigos**

Tipo de mezcla	Aceptación		Penalización	
	Seco <sup>(1)</sup> (MPa)	Húmedo <sup>(2)</sup> (MPa)	Seco <sup>(1)</sup> (MPa)	Húmedo <sup>(2)</sup> (MPa)
Densa (D) y Semidensa (S)	2,5	1,9	2,1	1,6
Gruesa (G)	2,0	1,5	1,6	1,2

(1) Directamente sobre los testigos extraídos.

(2) Sobre testigos que hayan permanecido sumergidos durante veinticuatro horas (24 h) en agua a la temperatura de sesenta grados Celsius (60 °C).

No más del veinte por ciento (20%) de los valores individuales de la muestra deberán ser inferiores a los valores prescritos en la tabla anterior para los casos de penalización.

Además, la resistencia media de los testigos en húmedo deberá ser siempre superior al setenta y cinco por ciento (75%) de la resistencia en seco.

De no cumplirse los requisitos anteriores se procederá de la siguiente manera:

- Si la resistencia media en seco, o en húmedo, de la mezcla es inferior al umbral de penalización, se levantará la capa de mezcla bituminosa correspondien-

te al lote controlado mediante fresado y se repondrá por cuenta del Contratista.

- Si la resistencia media en seco, o en húmedo, está entre los niveles de aceptación y penalización, se aplicará una penalización del diez por ciento (10%) a la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado.
- Si no cumple la prescripción del setenta y cinco por ciento (75%) de resistencia conservada, o el número de valores individuales defectuosos supera el veinte por ciento (20%), se aplicará una penalización del tres por ciento (3%) a la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado.

### 22.11. Medición y abono

Se cumplirán las especificaciones del artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), con las prescripciones complementarias siguientes.

El material bituminoso a reciclar se considerará incluido en el abono de la mezcla bituminosa reciclada.

El ligante de aportación podrá ser incluido también en el abono de la mezcla reciclada, o bien abonado aparte. En este caso se determinará la cantidad de ligante de aportación como la diferencia entre el contenido de ligante de la mezcla reciclada y el ligante bituminoso aportado por el material a reciclar.

### 22.12. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles —públicos y privados— autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/95, de 28 de diciembre.

### Normas referenciadas

- NLT-124 Penetración de los materiales bituminosos.
- NLT-125 Punto de reblandecimiento anillo y bola de los materiales bituminosos.
- NLT-126 Ductilidad de los materiales bituminosos.
- NLT-153 Densidad relativa y absorción de áridos gruesos.
- NLT-154 Densidad relativa y absorción de áridos finos.
- NLT-162 Efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas bituminosas compactadas (ensayo de Inmersión-Compresión).
- NLT-164 Contenido de ligante en mezclas bituminosas.
- NLT-165 Análisis granulométrico de los áridos recuperados de las mezclas bituminosas.
- NLT-181 Índice de penetración de los betunes asfálticos.
- NLT-182 Punto de fragilidad Fraass de los materiales bituminosos.
- NLT-346 Resistencia a compresión diametral (ensayo brasileño) de mezclas bituminosas.
- NLT-360 Determinación del módulo resiliente, en mezclas bituminosas, mediante ensayo de compresión diametral.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.
- UNE-EN 933-2 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.
- UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.