



AJUNTAMENT  
DE VALENCIA

# **CATÁLOGO DE FIRMES Y PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE VALENCIA**

**Servicio de Coordinación de Obras e Infraestructuras  
Ayuntamiento de Valencia**

**2007**

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO.....	3
3. EXPLANADA.....	6
3.1 Formación de explanada.....	6
3.2 Materiales para la formación de explanada.....	8
4. SECCIONES DE FIRME.....	10
4.1 Catálogo de secciones de firme.....	10
4.2 Materiales para las secciones de firme.....	17
4.2.1 Mezclas bituminosas en caliente.....	17
4.2.2 Suelocemento.....	18
4.2.3 Gravacemento.....	18
4.2.4 Hormigón compactado.....	18
4.2.5 Hormigón magro.....	19
4.2.6 Pavimento de hormigón.....	19
4.2.7 Adoquinados de hormigón.....	20
4.2.8 Riegos auxiliares.....	20

## ANEXO

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES DE LOS MATERIALES

## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este “Catálogo de firmes y pavimentos de la ciudad de Valencia” es el establecimiento de los criterios básicos que deben ser considerados en el proyecto de los firmes y pavimentos de nueva construcción. Se presenta una metodología de proyecto para seleccionar, en función de los materiales disponibles, una solución de firme lo más idónea posible. Para ello se proponen diferentes secciones de firme, formaciones de explanada y categorías de tráfico pesado, a fin de que el proyectista pueda elegir la solución más adecuada técnica y económicamente.

Las secciones tienen su origen en las que se proyectan actualmente en los Servicios del Ayuntamiento, añadiendo a éstas alguna nueva equivalente, constituida por materiales de uso corriente en otras vías, pero hasta ahora no en la ciudad. Los espesores han sido optimizados, teniendo en cuenta los resultados del análisis analítico y los espesores mínimos constructivos, de forma que los costes de construcción y mantenimiento estén justificados.

Para el catálogo de secciones de firme, en primer lugar es necesario la definición de las categorías de tráfico pesado para las cuales se van a dimensionar, garantizando su durabilidad y buen funcionamiento durante su vida en servicio. Estas categorías son cuatro, y se definen como: tráfico muy pesado, pesado, medio y ligero.

Tras la caracterización del tráfico en la ciudad, se define la explanada, teniendo en cuenta los tipos de suelos existentes en el área de la ciudad y en función de una posible aportación de suelos de mejor calidad o de estabilización de los existentes.

Para la explanada, superficie del cimientado del firme, se definen dos categorías en función del suelo natural, del tipo de materiales y de los espesores empleados en el cimientado del firme. Cada categoría de explanada tiene asignada un valor mínimo de la capacidad de soporte, la categoría de explanada A, con  $E_{v2} \geq 100$  MPa, y la categoría de explanada B, con  $E_{v2} \geq 50$  MPa.

Finalmente, las secciones de firme a considerar, dependen tanto de la categoría de explanada establecida, como del tráfico pesado de proyecto que tendrá que soportar.

## 2. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO

El tráfico constituye un parámetro de entrada para el dimensionamiento y definición de las características que debe reunir el firme y el pavimento. El tráfico rodado, y en especial el tráfico pesado que debe soportar una vía urbana durante el período de proyecto, es un factor fundamental en el dimensionamiento de la estructura del firme. El parámetro del tráfico que es preciso estimar para realizar el dimensionamiento de un firme es el número de vehículos pesados que circularán por el mismo durante el período de proyecto considerado, al que habitualmente se denomina tráfico de proyecto.

La categoría de vehículos pesados la componen los camiones de carga útil superior a 3 toneladas, de más de 4 ruedas y sin remolque; los camiones con uno o varios remolques; los vehículos articulados y los vehículos especiales; y los vehículos dedicados al transporte de personas de más de 9 plazas.

Para la estimación del tráfico pesado en una vía urbana de nueva construcción, inicialmente se verá si es asimilable a alguna de las vías clasificadas en la figura 2.1. Si existe tal similitud, posteriormente se consultarán los mapas de intensidades de tráfico que realiza el Servicio de Circulación y Transportes, pudiendo acceder a ellos en la página web del Ayuntamiento de Valencia. Estos mapas de tráfico (Figura 2.2) reflejan las intensidades medias diarias de vehículos totales (ligeros y pesados), en días laborables y se presentan en medias mensuales, teniendo por tanto un plano para cada mes.



Figura 2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS PRINCIPALES DE LA CIUDAD

Los valores que se presentan en cada tramo de vía corresponden a intensidades en ambos sentidos, teniendo que estimar un porcentaje para cada uno. En calles de un solo sentido, será el total de vehículos que circulan diariamente. Salvo que se tenga información más precisa, para estimar los vehículos pesados de vías asimilables a las clasificadas, se aplicarán los datos de la tabla 2.1, donde se establece un porcentaje de vehículos pesados con respecto el total de vehículos que circulan por esa vía y sentido.

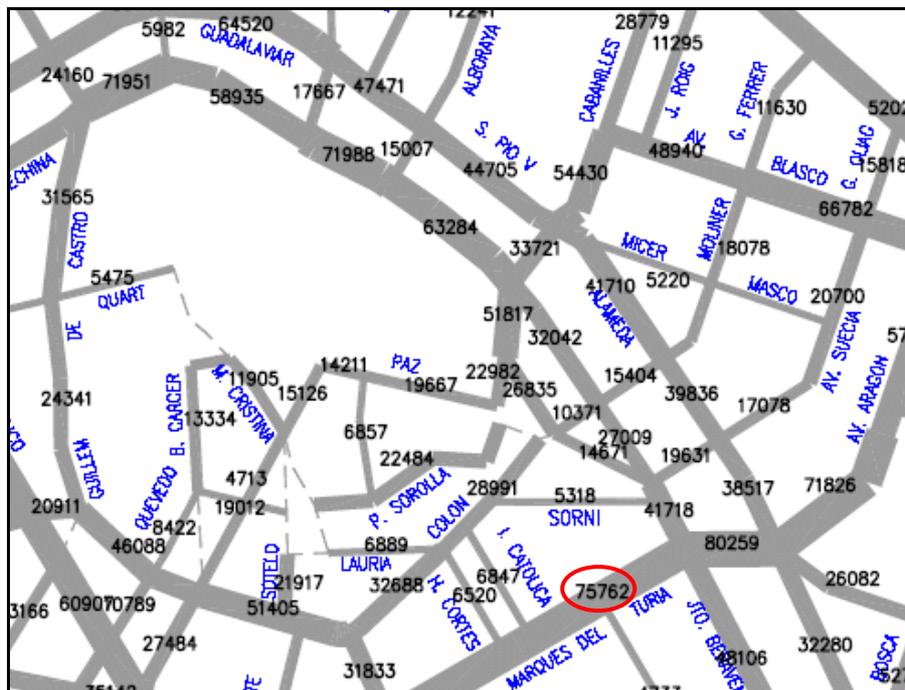


Figura 2.2 MUESTRA DE UNA ZONA DEL PLANO DE LAS INTENSIDADES DE TRÁFICO FACILITADOS POR EL AYUNTAMIENTO DE VALENCIA

Cabe destacar, que existen zonas de Valencia donde la estimación del tráfico pesado tendrá que realizarse con aforos manuales y un posterior estudio de tráfico. Esto se debe a que por su cercanía a terminales de carga (en el puerto de Valencia, por ejemplo), polígonos industriales, o a vías futuras que se puedan proyectar en las inmediaciones de la actualmente en construcción, Zona de Actuaciones Logísticas (ZAL), presentarán una circulación de vehículos pesados fuera de cualquier pronóstico aplicable al viario urbano de la ciudad, y cuya importancia en el dimensionamiento es fundamental por la afluencia de camiones.

Si por el contrario, no existiera tal similitud con la clasificación de vías expuesta, se realizará un estudio de tráfico ayudándose de los aforos del Ayuntamiento, estimando un tráfico de

vehículos pesados, sin olvidar el tráfico inducido por la propia vía a proyectar, o por el propio polígono o centro logístico a construir.

Los porcentajes presentados son orientativos, recomendando un estudio previo de la situación futura de las vías a proyectar antes de realizar la equivalencia con estas vías principales.

Tipo de vías	Accesos a Valencia y vías radiales	Rondas	Ronda tránsitos	Grandes vías y Avda. Aragón	Cinturón interior
% veh.pesados/sentido	3,4	3,9	3,3	3,0	1,5

Tabla 2.1 PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS SOBRE EL TOTAL DE LA IMD

▪ **Categorías de tráfico pesado**

El dimensionamiento se realiza siempre para el carril más cargado de la calzada, que será aquel por donde va a circular el mayor número de vehículos pesados, al que se le denomina carril de proyecto. En vías con más de un carril por sentido, se toma como carril más cargado el carril exterior, mientras que si se trata de una vía con calzada única, dos carriles y doble sentido de circulación, en ausencia de desequilibrio manifiesto de cargas por sentido de circulación, puede tomarse como carril de proyecto cualquiera de los dos.

El dato del que se partirá en este catálogo para el dimensionamiento de los firmes será la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDP) estimada para el año de puesta en servicio.

En cuanto a la evolución del tráfico pesado, se prevé un aumento medio del 2% anual.

Obtenido este número de pesados, se define la categoría de tráfico pesado de la vía en cuestión (Tabla 2.2). Con este dato y con la categoría de explanada proyectada, se elegirá una sección dentro de las que se proponen en el Catálogo de firmes y pavimentos de la ciudad de Valencia.

TRÁFICO MUY PESADO (TMP)	TRÁFICO PESADO (TP)	TRÁFICO MEDIO (TM)	TRAFICO LIGERO (TL)
IMDP ≥ 800	800 > IMDP ≥ 200	200 > IMDP ≥ 50	IMDP < 50

Tabla 2.2 CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO

Por ejemplo, en la Gran Vía Marqués del Turia se observa, en la figura 2.2, que el tramo más cargado presenta una IMD mensual (Abril 2007) de 75.762 vehículos en ambos sentidos. Suponiendo equilibrio de circulación entre los dos sentidos, la IMD mensual será 37.881 vehículos/sentido. Para el cálculo de la IMD total, se tendría que hacer la media de los datos en un año. Es decir IMD (Mayo 2006-Abril 2007) para ese tramo. La IMD es 36.833 vehículos. Seguidamente, aplicando el 3,0 % que corresponde a esta vía según la tabla 2.1, se tiene un a IMDP de 1.105, que corresponde a la categoría de tráfico muy pesado según la tabla 2.2.

### 3. EXPLANADA

#### 3.1 FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Los suelos del área urbana, no son adecuados para el cimiento del firme, siendo mayoritariamente suelos marginales o inadecuados y suelos tolerables. Por ello, en Valencia es necesario prever, a nivel de proyecto, la necesidad de construir una explanada con préstamos de suelos adecuados o seleccionados, rellenos con todo uno, o estabilizando con cal o con cemento los suelos que existen, para la obtención de una explanada con capacidad de soporte suficiente según el tráfico pesado estimado.

Puede definirse como cimiento del firme al conjunto de suelo natural y otras capas constituidas por materiales que se encuentran sobre el mismo, en la zona de influencia de las tensiones y deformaciones provocadas por las cargas de tráfico. La explanada es la superficie del cimiento sobre la que se apoya el firme. Las cargas del tráfico pesado, fundamentalmente verticales, producen un estado tensodeformacional de intensidad decreciente con la profundidad, llegando muy aminoradas a la explanada gracias a la distribución proporcionada por las capas del firme.

Para definir el cimiento del firme se establecen dos categorías de explanada en función del suelo natural, de los materiales y espesores empleados en el cimiento del firme. Y su clasificación se establece según la resistencia mínima que deben cumplir tras ser sometidos a un ensayo de placa en el segundo ciclo de carga (NLT-357/98),  $E_{v2}$ . De esta forma, en la tabla 3.1, se presentan dos categorías de explanada:

CATEGORÍA DE EXPLANADA	A	B
$E_{v2}$ (MPa)	$\geq 100$	$\geq 50$

**Tabla 3.1 CATEGORÍAS DE EXPLANADA SEGÚN EL MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD  
EN EL 2º CICLO DE CARGA  $E_{v2}$**

En el término municipal, donde los suelos sean tolerables la cota de explanada por encima de la capa freática deberá quedar al menos a cien centímetros (100 cm), y a ciento veinte centímetros (120 cm), donde sean marginales o inadecuados.

En Valencia, en general el nivel freático se encuentra a menor cota. Sólo se tendrá que prestar atención, al proyectar la explanada, en la franja paralela al litoral, puesto que se producen oscilaciones en el nivel freático y existe la posibilidad de no cumplir las limitaciones anteriormente expuestas. Las cargas dinámicas del tráfico producirían en este caso unas presiones intersticiales variables que reducirían la capacidad de soporte y podrían dar lugar a la erosión del suelo y a la ruina prematura del firme.

Las formaciones de explanada se recogen en la figura 3.1 dependiendo del suelo subyacente y de los materiales empleados en el cimientado del firme:

<b>Suelo subyacente</b>	<b>Materiales empleados en el cimientado del firme</b>
<b>M</b> Suelo marginal o inadecuado.	<b>0</b> Suelo tolerable
<b>0</b> Suelo tolerable.	<b>1</b> Suelo adecuado.
	<b>2</b> Suelo seleccionado con CBR<20.
<b>Eventuales rellenos</b>	<b>3</b> Suelo seleccionado con CBR>20
	<b>1*</b> Suelos estabilizados S-EST1
	<b>2*</b> Suelos estabilizados S-EST2

La nomenclatura adoptada tiene la siguiente forma:

- Se indica con la letra correspondiente cuál es la categoría de explanada que representa dicha sección. Por tanto, en primer lugar se encontrarán los valores A y B, que representan las explanadas de categoría A y las de categoría B.
- Con una letra o número algebraico se indica la categoría del suelo que forma la capa de tierra subyacente, siguiendo la nomenclatura descrita anteriormente.
- Finalmente, también con números algebraicos, se representan las capas que forman el cimientado del firme desde la capa inferior hasta la superior.

Los suelos estabilizados son designados con los mismos números que el resto de suelos con la única diferencia del asterisco. Se debe a que con una estabilización S-EST1 se pretende que ese nuevo suelo tenga unas características similares o mejores a las de un

suelo adecuado. Lo mismo ocurre con los suelos estabilizados S-EST2 que pretenden asimilarse a los suelos seleccionados con  $10 < \text{CBR} < 20$ .

Ejemplos:

1. El cimiento del firme denominado "AM03" significa: A – Categoría de explanada; M – Suelo marginal subyacente; 0 – Capa de suelo tolerable (capa inferior); y 3 – capa de suelo seleccionado 3 (capa superior).
2. El cimiento del firme denominado "B01\*" representa: B – Categoría de explanada; 0 - Suelo tolerable; y 1\* suelo estabilizado S-EST1.

### 3.2 MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DEL CIMIENTO DEL FIRME

Se tendrá en cuenta a la hora de aplicar la figura 3.1 para la formación de explanadas que los espesores que se indican en todos los casos son mínimos y que los materiales empleados han de cumplir las prescripciones contenidas en la tabla 3.2:

SÍMBOLO	DEFINICIÓN DEL MATERIAL	ARTÍCULO	PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS
<b>M</b>	<b>Suelo marginal o inadecuado</b>	330 del PG-3	Su empleo sólo será posible si se estabiliza con cal o con cemento para conseguir S-EST1 o S-EST2
<b>0</b>	<b>Suelo tolerable</b>	330 del PG-3	$3 \leq \text{CBR} \leq 5$ Contenido en materia orgánica < 1% Contenido en sulfatos solubles ( $\text{SO}_3$ ) < 1% Hinchamiento libre < 1%
<b>1</b>	<b>Suelo adecuado</b>	330 del PG-3	$5 \leq \text{CBR} \leq 10$
<b>2</b>	<b>Suelo seleccionado</b>	330 del PG-3	$10 \leq \text{CBR} \leq 20$
<b>3</b>	<b>Suelo seleccionado</b>	330 del PG-3	$\text{CBR} \geq 20$
<b>S-EST1</b> <b>S-EST2</b>	<b>Suelo estabilizado in situ con cal o con cemento</b>	512 del Pliego del Ayuntamiento	Sin prescripciones complementarias

Tabla 3.2 MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DE EXPLANADA

<b>CIMIENTOS DEL FIRME</b>				
<b>TIPOS DE SUELOS DEL TERRENO SUBYACENTE</b>				
	SUELOS MARGINALES O INADECUADOS (M)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	
CATEGORIA DE EXPLANADA	EXPLANADA A E <sub>s</sub> ≥ 100 MPa	EXPLANADA B E <sub>s</sub> ≥ 50 MPa		
	<p>M Suelo marginal o inadecuado</p> <p>0 Suelo tolerable</p> <p>1 Suelo adecuado</p> <p>2 Suelo seleccionado CBR&lt;20</p>	<p>3 Suelo seleccionado CBR&gt;20</p> <p>0-EST1 Suelo estabilizado 1</p>	<p>0-EST2 Suelo estabilizado 2</p> <p>ESPEORES MÍNIMOS</p>	

Figura 3.1 FORMACIÓN DE EXPLANADA

## 4. SECCIONES DE FIRME

### 4.1 CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME

Para el dimensionamiento de las secciones que se presentan se han empleado métodos analíticos que emplean modelos de respuesta que tratan de analizar el comportamiento de las estructuras de firme sometidas a las cargas del tráfico.

De entre las posibles soluciones de firme, se han escogido para el catálogo las más adecuadas técnica y económicamente, disponiendo espesores mínimos siempre que la ejecución lo permitiese.

A cada sección, se le ha estimado un valor de vida teórica dada por la expresión del tráfico equivalente de proyecto (TEP), que ha sido comparada con el valor de los ejes resistidos según el cálculo, y que derivan de las leyes de fatiga empleadas para cada uno de los materiales.

La nomenclatura adoptada para designar a las distintas estructuras de firmes sigue la siguiente regla: la primera letra será la explanada proyectada (A o B). Seguidamente, la categoría del tráfico pesado para el cual se está diseñando la vía (MP, P, M y L). Finalizando con el número de la sección: de 1 a 7, dependiendo de los materiales empleados y la tipología de firme.

En cuanto a los materiales de las capas que definen la estructura del firme, se establece las siguientes abreviaturas:

FA: Mezcla bituminosa fonoabsorbente	HM: Hormigón magro
S: Mezcla bituminosa semidensa	HC: Hormigón compactado
G: Mezcla bituminosa gruesa	HF: Hormigón de pavimento
ZA: Zahorra artificial	AD: Adoquín
SC: Suelocemento	AR: Arena
GC: Gravacemento	

Las tipologías de firme del catálogo, que se presentan en las figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 son las siguientes:

- **Firmes flexibles y semiflexibles**

Estos firmes están formados por una subbase de zahorra y base asfáltica. La capa de rodadura está formada por mezcla bituminosa en caliente, con buenas características funcionales, denominada fonoabsorbente FA, para tráficos muy pesado, pesado y medio, y

por mezcla semidensa S en tráfico ligero. Bajo esta capa, se dispone una capa intermedia, de mezcla bituminosa en caliente tipo S. La capa de base, según la categoría de tráfico, estará constituida por una o dos capas de mezcla bituminosa en caliente tipo G, excepto con tráfico ligero que se dispone a veces otra capa de mezcla S bajo la dispuesta como capa de rodadura, ambas de huso acorde con su espesor.

La capacidad de soporte de la explanada ha sido la limitante para dimensionar el paquete de mezcla bituminosa, dejando constante en este tipo de secciones el espesor de la zahorra artificial (25 cm) para ambas explanadas.

- **Firmes semirrígidos**

Están constituidos por una base tratada con cemento prefisurada, suelocemento, gravacemento u hormigón compactado, de fabricación y puesta en obra similar, aunque con diferencias en el contenido de cemento y en la resistencia mecánica. Esta base rígida requiere a veces una subbase de suelocemento para aumentar la resistencia a la fatiga cuando el tráfico es pesado. El pavimento es el mismo que en los firmes mixtos.

- **Firmes mixtos**

Están constituidos por una base resistente de hormigón magro, con juntas transversales en fresco próximas entre sí, apoyada en una subbase de zahorra artificial o de suelocemento.

El pavimento está formado por dos capas: una capa intermedia de mezcla bituminosa en caliente tipo S y huso acorde con el espesor, y una capa de rodadura de mezcla fonoabsorbente FA. Es posible también emplear una capa de rodadura de mezcla bituminosa drenante tipo PA, aumentando a 4 cm su espesor y disminuyendo en 1 cm el espesor de la capa intermedia.

La capacidad de soporte de la explanada (A o B) se refleja, generalmente, en un espesor menor o mayor de la subbase.

- **Firmes rígidos**

Están constituidos por losas de hormigón en masa con juntas transversales sin pasadores, excepto en categoría de tráfico muy pesado. Si el tráfico es muy pesado o pesado, el pavimento se apoya en una capa de hormigón magro no erosionable para evitar el escalonamiento de las juntas.

- **Firmes articulados**

Se denominan también adoquinados, por estar constituidos por adoquines prefabricados de hormigón sobre una base de hormigón magro si el tráfico es muy pesado o pesado, con una delgada capa intercalada de arena de apoyo.

Posteriormente, se adjuntan las estructuras propuestas de firme para las diferentes categorías de tráfico pesado.

TRÁFICO MUY PESADO (IMDP ≥ 800)				
<b>EXPLANADA A</b> ( $E_{v2} \geq 100$ MPa)	<b>AMP1</b>	<b>AMP2</b>	<b>AMP3</b>	<b>AMP4</b>
	<b>AMP5</b>	<b>AMP6</b>	<b>AMP7</b>	
<b>EXPLANADA B</b> ( $E_{v2} \geq 50$ MPa)	<b>BMP1</b>	<b>BMP2</b>	<b>BMP3</b>	<b>BMP4</b>
	<b>BMP5</b>	<b>BMP6</b>	<b>BMP7</b>	
<p><b>FA:</b> Mezcla bituminosa fonoabsorbente      <b>ZA:</b> Zahrora artificial      <b>HM:</b> Hormigón magro      <b>AD:</b> Adoquín</p> <p><b>S:</b> Mezcla bituminosa semidensa      <b>SC:</b> Suelocemento      <b>HC:</b> Hormigón compactado      <b>AR:</b> Arena</p> <p><b>G:</b> Mezcla bituminosa gruesa      <b>GC:</b> Gravacemento      <b>HF:</b> Hormigón de firme</p> <p style="text-align: right;">Espesores mínimos en cm</p>				

\* Puede sustituirse por 5 cm menos de SC

\*\* Pueden sustituirse por MAM, reduciendo el espesor total en un 25 % cuando las capas bituminosas (salvo FA) tengan un espesor total superior a 13 cm.

**Figura 4.1 CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LA CATEGORÍA DE TRÁFICO MUY PESADO EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA**

TRÁFICO PESADO ( $200 \leq \text{IMDP} < 800$ )					
EXPLANADA A ( $E_{v2} \geq 100$ MPa)	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>AP4</b>	
	<b>AP5</b>	<b>AP6</b>	<b>AP7</b>		
	EXPLANADA B ( $E_{v2} \geq 50$ MPa)	<b>BP1</b>	<b>BP2</b>	<b>BP3</b>	<b>BP4</b>
		<b>BP5</b>	<b>BP6</b>	<b>BP7</b>	
<b>FA:</b> Mezcla bituminosa fonoabsorbente		<b>ZA:</b> Zahorra artificial	<b>HM:</b> Hormigón magro	<b>AD:</b> Adoquín	
<b>S:</b> Mezcla bituminosa semidensa		<b>SC:</b> Suelocemento	<b>HC:</b> Hormigón compactado	<b>AR:</b> Arena	
<b>G:</b> Mezcla bituminosa gruesa		<b>GC:</b> Gravacemento	<b>HF:</b> Hormigón de firme	Espesores mínimos en cm	

\* Puede sustituirse por 5 cm menos de SC

\*\* Pueden sustituirse por MAM, reduciendo el espesor total en un 25 % cuando las capas bituminosas (salvo FA) tengan un espesor total superior a 13 cm.

Figura 4.2 CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LA CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

TRÁFICO MEDIO ( $50 \leq \text{IMDP} < 200$ )				
EXPLANADA A ( $E_{v2} \geq 100$ MPa)	<b>AM1</b>	<b>AM2</b>	<b>AM3</b>	<b>AM4</b>
EXPLANADA B ( $E_{v2} \geq 50$ MPa)	<b>AM5</b>	<b>AM6</b>	<b>AM7</b>	
EXPLANADA B ( $E_{v2} \geq 50$ MPa)	<b>BM1</b>	<b>BM2</b>	<b>BM3</b>	<b>BM4</b>
EXPLANADA B ( $E_{v2} \geq 50$ MPa)	<b>BM5</b>	<b>BM6</b>	<b>BM7</b>	
<p><b>FA:</b> Mezcla bituminosa fonoabsorbente      <b>ZA:</b> Zahorra artificial      <b>HM:</b> Hormigón magro      <b>AD:</b> Adoquín</p> <p><b>S:</b> Mezcla bituminosa semidensa      <b>SC:</b> Suelocemento      <b>HC:</b> Hormigón compactado      <b>AR:</b> Arena</p> <p><b>G:</b> Mezcla bituminosa gruesa      <b>GC:</b> Gravacemento      <b>HF:</b> Hormigón de firme</p> <p style="text-align: right;">Espesores mínimos en cm</p>				

Figura 4.3 CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LA CATEGORÍA DE TRÁFICO MEDIO EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

TRÁFICO LIGERO (IMDP<50)				
<b>EXPLANADA A</b> ( $E_{v2} \geq 100$ MPa)	<b>AL1</b> 	<b>AL2</b> 	<b>AL3</b> 	<b>AL4</b> 
	<b>AL5</b> 	<b>AL6</b> 	<b>AL7</b> 	
<b>EXPLANADA B</b> ( $E_{v2} \geq 50$ MPa)	<b>BL1</b> 	<b>BL2</b> 	<b>BL3</b> 	<b>BL4</b> 
	<b>BL5</b> 	<b>BL6</b> 	<b>BL7</b> 	
<p><b>FA:</b> Mezcla bituminosa fonoabsorbente      <b>ZA:</b> Zahorra artificial      <b>HM:</b> Hormigón magro      <b>AD:</b> Adoquín  <b>S:</b> Mezcla bituminosa semidensa      <b>SC:</b> Suelocemento      <b>HC:</b> Hormigón compactado      <b>AR:</b> Arena  <b>G:</b> Mezcla bituminosa gruesa      <b>GC:</b> Gravacemento      <b>HF:</b> Hormigón de firme</p> <p style="text-align: right;">Espesores mínimos en cm</p>				

Figura 4.4 CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LA CATEGORÍA DE TRÁFICO LIGERO EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

## 4.2 MATERIALES PARA LAS SECCIONES DE FIRME

Los materiales que se han empleado para realizar este catálogo son los siguientes: mezclas bituminosas en caliente (Art. 542 Mezclas bituminosas en caliente y 543 Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura), suelocemento, gravacemento y hormigón compactado (Art. 513 Materiales tratados con cemento), hormigón magro (Art. 551), pavimento de hormigón (Art.550), adoquinados de hormigón (Art.560) y riegos auxiliares (Art. 530 Riegos de imprimación, 531 Riegos de adherencia y 532 Riegos de curado). Todos los artículos a los que se hace referencia están contenidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de los Materiales del Ayuntamiento de Valencia.

A continuación se describen las características, la disposición y los espesores para cada uno de ellos.

### 4.2.1 Mezclas bituminosas en caliente

Se definen como mezclas bituminosas en caliente la combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos, 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 continuación se especificarán las mezclas empleadas en las secciones del catálogo según su disposición.

- **Mezclas bituminosas para capas de rodadura**

Las capas de rodadura se realizarán con mezcla bituminosa en caliente discontinua, denominada fonoabsorbente FA, por mezcla bituminosa semidensa S, o por mezcla bituminosa en caliente drenante tipo PA.

La mezcla bituminosa FA será empleada en todas las secciones como capa de rodadura para tráfico muy pesado, pesado y medio, en un espesor de 3 cm. Para tráfico ligero, se dispondrá una mezcla bituminosa tipo S-12, con un espesor de 5 cm.

Cuando el proyectista prefiera utilizar una mezcla drenante tipo PA, será en una capa de 4 cm de espesor, disminuyendo en 1 cm el espesor de la capa intermedia.

- **Capas inferiores de mezcla bituminosa**

Estas capas inferiores son la capa intermedia y la capa de base, pudiendo esta última no existir.

Las capas intermedias estarán constituidas por mezclas bituminosas en caliente tipo S-20.

Para tráfico muy pesado el espesor de la capa intermedia podrá adoptar valores de 6 a 9 cm. En tráfico pesado, este espesor será de 6 ó 7 cm. En tráfico medio 5 ó 6 cm, siendo en tráfico ligero los espesores de la capa intermedia variables entre 5 y 10 cm, sin existencia en este caso de capa de base.

La capa de base estará constituida por mezcla bituminosa en caliente tipo G. Siempre que el espesor de la capa de base a disponer sea mayor que 15 cm, ésta se dispondrá en dos capas. En tráfico muy pesado, el espesor de esta capa está entre 9 y 24 cm. En tráfico pesado, esta capa de base variará entre 8 y 20 cm. En tráfico medio podrá adoptar valores entre 6 y 13 cm.

#### **4.2.2 Suelocemento**

Se define el suelocemento como 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.

Siguiendo su disposición y espesor como en las figuras 4.1 y 4.2, en las secciones 1 de los tráfico muy pesado y pesado se podrá sustituir la subbase de zahorra por una capa de suelocemento de 5 cm menos de espesor.

Las capas de suelocemento se prefisurarán, dejando una separación entre juntas en fresco de 3 m. El resto de condiciones de fabricación y puesta en obra se encuentran en el artículo correspondiente del Pliego.

#### **4.2.3 Gravacemento**

Se define gravacemento como 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. A igual que el suelocemento esta capa será prefisurada, siendo la distancia entre juntas en fresco de 3 m.

#### **4.2.4 Hormigón compactado**

Se denomina hormigón compactado a una mezcla homogénea de áridos, agua y conglomerante, que se pone en obra de forma análoga a una gravacemento, aunque su contenido de cemento es similar al de un pavimento de hormigón vibrado.

Antes de iniciar la compactación de la capa, se realizarán en ella una prefisuración con juntas transversales en fresco. La separación entre juntas será de 3 m.

#### **4.2.5 Hormigón magro**

Se define en el artículo 551 del Pliego del Ayuntamiento como hormigón magro la mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base, con una dotación menor de cemento que en los pavimentos de hormigón, y que se compacta con vibración.

En las bases de este material, no será necesario disponer juntas de dilatación ni de contracción. En caso de que se 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.

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 del Pliego del Ayuntamiento.

#### **4.2.6 Pavimento de hormigón**

Se define como pavimento de hormigón el constituido por un conjunto de losas de hormigón en masa separadas por juntas transversales, y eventualmente dotadas de juntas longitudinales; el hormigón se pone en obra con una consistencia tal, que requiere el empleo de vibración para su compactación y procedimientos específicos para su extensión y acabado superficial.

El hormigón empleado en este tipo de pavimento será, en todos los casos, HF-4,0 (hormigón de firme con resistencia característica mínima a flexotracción a los 28 días de 4 MPa).

Las juntas longitudinales podrán realizarse en fresco o por serrado. Las juntas transversales se harán por serrado.

Las juntas transversales de contracción, distanciadas 4 metros, sólo irán provistas de pasadores cuando se proyecte el pavimento de hormigón en masa para tráfico muy pesado. Sin embargo, 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 del Pliego del Ayuntamiento.

#### **4.2.7 Adoquinados de hormigón**

Se define como pavimento de adoquines de hormigón, al constituido por los adoquines propiamente dichos, situados sobre una capa de arena de escaso espesor nivelada.

Las secciones de este tipo están formadas por una base de hormigón magro, en el caso de categorías de tráfico muy pesado y pesado, o por una base de zahorra artificial con tráfico medio y ligero. Se dispondrá bajo los adoquines una capa de arena. El espesor final de esta capa, tras colocar los adoquines y vibrar el pavimento, será de 3 cm. Los adoquines serán todos de 10 cm de espesor, excepto con tráfico ligero que serán de 8 cm.

#### **4.2.8 Riegos auxiliares**

Como riegos auxiliares se tienen los riegos de imprimación, los riegos de adherencia y los riegos de curado.

- **Riegos de imprimación**

Se define como riego de imprimación, la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa granular, previa a la colocación sobre ésta de una capa o de un tratamiento bituminoso.

- **Riegos de adherencia**

El riego de adherencia se define como 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 gravilla, o una lechada bituminosa.

- **Riegos de curado**

Sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, para objeto de dar impermeabilidad a toda su superficie, se proyectará una película continua y uniforme de emulsión bituminosa denominada riego de curado.



AJUNTAMENT  
DE VALENCIA

# **CATÁLOGO DE FIRMES Y PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE VALENCIA**

**ANEXO**

**PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES DE LOS MATERIALES**

**Servicio de Coordinación de Obras e Infraestructuras  
Ayuntamiento de Valencia**

**2007**

## ÍNDICE

510 ZAHORRAS .....	13
510.1 DEFINICIÓN .....	13
510.2 MATERIALES .....	13
510.2.1 Características generales .....	13
510.2.2 Composición química .....	13
510.2.3 Limpieza .....	14
510.2.4 Plasticidad .....	14
510.2.5 Resistencia a la fragmentación .....	14
510.2.6 Forma .....	15
510.2.7 Angulosidad .....	15
510.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DEL MATERIAL .....	15
510.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	16
510.4.1 Central de fabricación de la zahorra artificial .....	16
510.4.2 Elementos de transporte .....	16
510.4.3 Equipo de extensión .....	16
510.4.4 Equipo de compactación .....	16
510.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	17
510.5.1 Estudio del material y obtención de la fórmula de trabajo .....	17
510.5.2 Preparación de la superficie que va a recibir la zahorra .....	18
510.5.3 Preparación del material .....	18
510.5.4 Extensión de la zahorra .....	18
510.5.5 Compactación de la zahorra .....	19
510.6 TRAMO DE PRUEBA .....	19
510.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA .....	20
510.7.1 Densidad .....	20
510.7.2 Capacidad de soporte .....	21
510.7.3 Rasante, espesor y anchura .....	21
510.7.4 Regularidad superficial .....	21
510.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	22
510.9 CONTROL DE CALIDAD .....	23
510.9.1 Control de procedencia del material .....	23
510.9.2 Control de ejecución .....	24
510.9.3 Control de recepción de la unidad terminada .....	25
510.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DEL LOTE .....	26
510.10.1 Densidad .....	26
510.10.2 Capacidad de soporte .....	26
510.10.3 Espesor .....	27
510.10.4 Rasante .....	27
510.10.5 Regularidad superficial .....	27
510.11 MEDICIÓN Y ABONO .....	28
510.12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD .....	28
512 SUELOS ESTABILIZADOS IN SITU .....	33
512.1 DEFINICIÓN .....	33

512.2 MATERIALES .....	33
512.2.1 Cal .....	33
512.2.2 Cemento .....	34
512.2.3 Suelo .....	34
512.2.4 Agua.....	37
512.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DEL SUELO ESTABILIZADO .....	37
512.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	38
512.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	40
512.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo .....	40
512.5.2 Preparación de la superficie existente .....	41
512.5.3 Disgregación del suelo .....	42
512.5.4 Humectación o desecación del suelo .....	43
512.5.5 Distribución de la cal o del cemento.....	43
512.5.6 Ejecución de la mezcla .....	44
512.5.7 Compactación .....	45
512.5.8 Terminación de la superficie .....	45
512.5.9 Ejecución de juntas .....	46
512.5.10 Curado y protección superficial.....	46
512.6 TRAMO DE PRUEBA .....	47
512.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.....	49
512.7.1 Resistencia, densidad y capacidad de soporte .....	49
512.7.2 Terminación, rasante, anchura y espesor.....	49
512.7.3 Regularidad superficial .....	50
512.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	51
512.9 CONTROL DE CALIDAD .....	51
512.9.1 Control de procedencia de los materiales.....	51
512.9.2 Control de ejecución .....	52
512.9.3 Control de recepción de la unidad terminada.....	54
512.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DEL LOTE .....	55
512.10.1 Densidad .....	55
512.10.2 Capacidad de soporte.....	55
512.10.3 Espesor .....	55
512.10.4 Rasante.....	56
512.10.5 Regularidad superficial .....	56
512.11 MEDICIÓN Y ABONO .....	56
512.12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD .....	57
513 MATERIALES TRATADOS CON CEMENTO (SUELOCEMENTO, GRAVACIMIENTO Y HORMIGÓN COMPACTADO).....	63
513.1 DEFINICIÓN .....	63
513.2 MATERIALES .....	63
513.2.1 Cemento .....	64
513.2.2 Materiales granulares.....	64
513.2.3 Agua.....	67
513.2.4 Aditivos.....	67
513.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA .....	68

513.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	70
513.4.1 Central de fabricación .....	70
513.4.2 Elementos de transporte .....	71
513.4.3 Equipo de extensión .....	72
513.4.4 Equipo de compactación.....	72
513.4.5 Equipo para la ejecución de juntas transversales en fresco .....	73
513.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	73
513.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo .....	73
513.5.2 Preparación de la superficie existente .....	74
513.5.3 Fabricación de la mezcla.....	74
513.5.4 Transporte de la mezcla .....	76
513.5.5 Vertido y extensión de la mezcla .....	76
513.5.6 Prefisuración.....	77
513.5.7 Compactación y terminación .....	77
513.5.8 Ejecución de juntas de trabajo .....	78
513.5.9 Curado y protección superficial.....	79
513.6 TRAMO DE PRUEBA .....	79
513.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.....	81
513.7.1 Densidad .....	81
513.7.2 Resistencia mecánica .....	81
513.7.3 Terminación, rasante, anchura y espesor.....	81
513.7.4 Regularidad superficial .....	81
513.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	83
513.9 CONTROL DE CALIDAD .....	83
513.9.1 Control de procedencia de los materiales .....	83
513.9.2 Control de ejecución .....	84
513.9.3 Control de recepción de la unidad terminada.....	87
513.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO .....	88
513.10.1 Densidad .....	88
513.10.2 Resistencia mecánica .....	88
513.10.3 Espesor .....	89
513.10.4 Rasante.....	90
513.10.5 Regularidad superficial .....	90
513.11 MEDICIÓN Y ABONO.....	90
513.12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD .....	91
NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.....	91
530 RIEGOS DE IMPRIMACIÓN .....	97
530.1 DEFINICIÓN.....	97
530.2 MATERIALES .....	97
530.2.1 Ligante hidrocarbonado.....	97
530.2.2 Árido de cobertura.....	97
530.3 DOTACIÓN DE LOS MATERIALES.....	98
530.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	98
530.4.1 Equipo para la aplicación del ligante hidrocarbonado.....	98
530.4.2 Equipo para la extensión del árido de cobertura .....	99

<b>530.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....</b>	<b>99</b>
530.5.1 Preparación de la superficie existente .....	99
530.5.2 Aplicación del ligante hidrocarbonado.....	99
530.5.3 Extensión del árido de cobertura .....	100
<b>530.6 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....</b>	<b>100</b>
<b>530.7 CONTROL DE CALIDAD .....</b>	<b>101</b>
530.7.1 Control de procedencia de los materiales.....	101
530.7.2 Control de calidad de los materiales.....	101
530.7.3 Control de ejecución .....	101
<b>530.8 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.....</b>	<b>102</b>
<b>530.9 MEDICIÓN Y ABONO.....</b>	<b>102</b>
<b>530.10 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD .....</b>	<b>103</b>
<b>531 RIEGOS DE ADHERENCIA .....</b>	<b>107</b>
531.1 DEFINICIÓN .....	107
531.2 MATERIALES .....	107
531.2.1 Emulsión bituminosa.....	107
531.3 DOTACIÓN DEL LIGANTE .....	107
531.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	108
531.4.1 Equipo para la aplicación de la emulsión bituminosa .....	108
531.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	108
531.5.1 Preparación de la superficie existente .....	108
531.5.2 Aplicación de la emulsión bituminosa .....	109
531.6 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	109
531.7 CONTROL DE CALIDAD .....	110
531.7.1 Control de procedencia de la emulsión bituminosa.....	110
531.7.2 Control de calidad de la emulsión bituminosa.....	110
531.7.3 Control de ejecución .....	110
531.8 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.....	111
531.9 MEDICIÓN Y ABONO.....	111
531.10 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD .....	111
<b>532 RIEGOS DE CURADO.....</b>	<b>115</b>
532.1 DEFINICIÓN .....	115
532.2 MATERIALES .....	115
532.2.1 Emulsión bituminosa.....	115
532.2.2 Árido de cobertura.....	115
532.3 DOTACIÓN DE LOS MATERIALES.....	116
532.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	116
532.4.1 Equipo para la aplicación del ligante hidrocarbonado.....	116
532.4.2 Equipo para la extensión del árido de cobertura .....	117
532.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	117
532.5.1 Preparación de la superficie existente .....	117
532.5.2 Aplicación de la emulsión bituminosa .....	117
532.5.3 Extensión del árido de cobertura .....	118
532.6 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	118
532.7 CONTROL DE CALIDAD .....	119

532.7.1 Control de procedencia de los materiales .....	119
532.7.2 Control de calidad de los materiales .....	119
532.7.3 Control de ejecución .....	119
532.8 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO .....	120
532.9 MEDICIÓN Y ABONO .....	120
532.10 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD .....	120
NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO .....	121
542 MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE .....	125
542.1 DEFINICIÓN .....	125
542.2 MATERIALES .....	125
542.2.1 Ligante hidrocarbonado .....	126
542.2.2 Áridos .....	126
542.2.3 Aditivos .....	132
542.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA .....	132
542.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	134
542.4.1 Central de fabricación .....	135
542.4.2 Elementos de transporte .....	136
542.4.3 Extendedoras .....	137
542.4.4 Equipo de compactación .....	137
542.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	138
542.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo .....	138
542.5.2 Preparación de la superficie existente .....	141
542.5.3 Aprovisionamiento de áridos .....	141
542.5.4 Fabricación de la mezcla .....	142
542.5.5 Transporte de la mezcla .....	143
542.5.6 Extensión de la mezcla .....	143
542.5.7 Compactación de la mezcla .....	144
542.5.8 Juntas transversales y longitudinales .....	145
542.6 TRAMO DE PRUEBA .....	145
542.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA .....	146
542.7.1 Densidad .....	146
542.7.2 Rasante, espesor y anchura .....	146
542.7.3 Regularidad superficial .....	147
542.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	147
542.9 CONTROL DE CALIDAD .....	148
542.9.1 Control de procedencia de los materiales .....	148
542.9.2 Control de calidad de los materiales .....	149
542.9.3 Control de ejecución .....	150
542.9.4 Control de recepción de la unidad terminada .....	152
542.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO .....	153
542.10.1 Densidad .....	153
542.10.2 Espesor .....	154
542.11 MEDICIÓN Y ABONO .....	155
542.12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD .....	156
NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO .....	156

<b>543 MEZCLAS BITUMINOSAS DISCONTINUAS EN CALIENTE PARA CAPAS DE RODADURA .....</b>	<b>161</b>
543.1 DEFINICIÓN .....	161
543.2 MATERIALES .....	161
543.2.1 Ligante hidrocarbonado .....	162
543.2.2 Áridos .....	163
543.2.3 Aditivos .....	167
543.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA .....	167
543.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	168
543.4.1 Central de fabricación .....	169
543.4.2 Elementos de transporte .....	171
543.4.3 Extendedoras .....	171
543.4.4 Equipo de compactación .....	171
543.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	172
543.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo .....	172
543.5.2 Preparación de la superficie existente .....	175
543.5.3 Aprovisionamiento de áridos .....	175
543.5.4 Fabricación de la mezcla .....	175
543.5.5 Transporte de la mezcla .....	176
543.5.6 Extensión de la mezcla .....	176
543.5.7 Compactación de la mezcla .....	177
543.5.8 Juntas transversales y longitudinales .....	178
543.6 TRAMO DE PRUEBA .....	178
543.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA .....	179
543.7.1 Densidad .....	179
543.7.2 Espesor y anchura .....	179
543.7.3 Regularidad superficial .....	179
543.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	180
543.9 CONTROL DE CALIDAD .....	180
543.9.1 Control de procedencia de los materiales .....	180
543.9.2 Control de calidad de los materiales .....	182
543.9.3 Control de ejecución .....	183
543.9.4 Control de recepción de la unidad terminada .....	185
543.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO .....	185
543.10.1 Dotación .....	185
543.10.2 Espesor .....	186
543.10.3 Regularidad superficial .....	186
543.11 MEDICIÓN Y ABONO .....	186
543.12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD .....	187
NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO .....	187
<b>550 PAVIMENTOS DE HORMIGÓN .....</b>	<b>192</b>
550.1 DEFINICIÓN .....	192
550.2 MATERIALES .....	192
550.2.1 Cemento .....	192
550.2.2 Agua .....	193

550.2.3 Árido .....	193
550.2.4 Aditivos.....	195
550.2.5 Pasadores.....	196
550.2.6 Membranas para separación de la base o para curado del pavimento.....	196
550.2.7 Productos filmógenos de curado .....	196
550.2.8 Materiales para juntas.....	196
550.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN.....	197
550.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	198
550.4.1 Central de fabricación .....	198
550.4.2 Elementos de transporte .....	200
550.4.3 Equipos de puesta en obra del hormigón .....	201
550.4.4 Sierras .....	203
550.4.5 Distribuidor del producto filmógeno de curado.....	203
550.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	203
550.5.1 Estudio y obtención de la fórmula de trabajo .....	203
550.5.2 Preparación de la superficie de asiento.....	204
550.5.3 Fabricación del hormigón.....	205
550.5.4 Transporte del hormigón .....	207
550.5.5 Elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para pavimentadoras de encofrados deslizantes .....	207
550.5.6 Colocación de los elementos de las juntas .....	208
550.5.7 Puesta en obra del hormigón .....	208
550.5.8 Ejecución de juntas en fresco.....	209
550.5.9 Terminación.....	209
550.5.10 Numeración y marcado de las losas .....	210
550.5.11 Protección y curado del hormigón fresco.....	211
550.5.12 Ejecución de juntas serradas.....	212
550.5.13 Sellado de las juntas .....	213
550.6 TRAMO DE PRUEBA .....	213
550.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.....	214
550.7.1 Resistencia .....	214
550.7.2 Alineación, rasante, espesor y anchura .....	214
550.7.3 Regularidad superficial .....	214
550.7.4 Textura superficial .....	215
550.7.5 Integridad .....	215
550.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	215
550.8.1 Generalidades.....	215
550.8.2 Limitaciones en tiempo caluroso.....	216
550.8.3 Limitaciones en tiempo frío.....	216
550.8.4 Apertura a la circulación.....	217
550.9 CONTROL DE CALIDAD .....	217
550.9.1 Control de procedencia de los materiales.....	217
550.9.2 Control de calidad de los materiales.....	218
550.9.3 Control de ejecución .....	219

550.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO .....	221
550.10.1 Resistencia mecánica .....	221
550.10.2 Integridad .....	222
550.10.3 Espesor .....	223
550.10.4 Rasante .....	223
550.10.5 Regularidad superficial .....	224
550.10.6 Textura superficial .....	224
550.11 MEDICIÓN Y ABONO .....	224
550.12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD .....	225
NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO .....	225
551 HORMIGÓN MAGRO .....	230
551.1 DEFINICIÓN .....	230
551.2 MATERIALES .....	230
551.2.1 Cemento .....	230
551.2.2 Agua .....	231
551.2.3 Árido .....	231
551.2.4 Aditivos .....	233
551.2.5 Productos filmógenos de curado .....	233
551.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN MAGRO .....	233
551.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	234
551.4.1 Central de fabricación .....	234
551.4.2 Camiones mezcladores .....	236
551.4.3 Elementos de transporte .....	236
551.4.4 Equipos de puesta en obra del hormigón magro .....	237
551.4.5 Distribuidor del producto filmógeno de curado .....	237
551.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	237
551.5.1 Estudio y obtención de la fórmula de trabajo .....	237
551.5.2 Preparación de la superficie de asiento .....	238
551.5.3 Fabricación del hormigón magro .....	239
551.5.4 Transporte del hormigón magro .....	241
551.5.5 Elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para pavimentadoras de encofrados deslizantes .....	241
551.5.6 Puesta en obra del hormigón magro .....	242
551.5.7 Ejecución de juntas .....	242
551.5.8 Terminación .....	243
551.5.9 Protección y curado del hormigón magro .....	243
551.6 TRAMO DE PRUEBA .....	244
551.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA .....	245
551.7.1 Resistencia .....	245
551.7.2 Alineación, rasante, espesor y anchura .....	245
551.7.3 Regularidad superficial .....	246
551.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN .....	246
551.8.1 Generalidades .....	246
551.8.2 Limitaciones en tiempo caluroso .....	247
551.8.3 Limitaciones en tiempo frío .....	247

551.8.4 Apertura a la circulación.....	248
551.9 CONTROL DE CALIDAD .....	248
551.9.1 Control de procedencia de los materiales.....	248
551.9.2 Control de calidad de los materiales.....	249
551.9.3 Control de ejecución .....	250
551.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO .....	252
551.10.1 Resistencia mecánica .....	252
551.10.2 Espesor .....	253
551.10.3 Rasante.....	253
551.10.4 Regularidad superficial .....	254
551.11 MEDICIÓN Y ABONO .....	254
551.12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD .....	254
NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.....	255
560 ADOQUINADOS DE HORMIGÓN .....	260
560.1 DEFINICION .....	260
560.2. MATERIALES .....	260
560.2.1 Adoquines .....	260
560.2.2 Capa de nivelación .....	263
560.2.3 Arena de sellado .....	265
560.2.4 Bordes de confinamiento .....	265
560.3 EJECUCION DE LAS OBRAS .....	265
560.4 TOLERANCIAS DE LA SUPERFICIE ACABADA.....	267
560.5 LIMITACIONES DE LA EJECUCION .....	267
560.6 MEDICION Y ABONO.....	268
NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.....	268



## **510 ZAHORRAS**



## **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**

Si procede y no es general, 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 legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

#### ***510.2.1 Características generales***

Para cualquier categoría de tráfico pesado 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 se cumplan las prescripciones técnicas exigidas en este artículo, y se declare el origen de los materiales, tal y como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias.

#### ***510.2.2 Composición química***

El contenido ponderal de compuestos de azufre totales (expresados en SO<sub>3</sub>), 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, (empleando la fracción 0/4 mm según se establece en su anexo A), del material de la zahorra artificial deberá cumplir lo indicado en la tabla 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 la tabla 510.1.

TABLA 510.1– EQUIVALENTE DE ARENA DE LA ZAHORRA ARTIFICIAL

Tráfico muy pesado a medio en calzada	Tráfico ligero	Fuera de calzada en tráfico ligero
EA > 35	EA > 30	EA > 25

### **510.2.4 Plasticidad**

El material será «no plástico», según la UNE 103104, para las zahorras artificiales en cualquier caso.

En el caso de áreas no pavimentadas, para tráfico ligero se 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 treinta (30) en tráfico muy pesado y a treinta y cinco (35) en el resto de categorías de tráfico pesado.

Para materiales reciclados procedentes de capas de aglomerado o de demoliciones de hormigones, el valor del coeficiente de Los Ángeles podrá ser superior hasta en diez (10) unidades a los valores que se exigen en el párrafo anterior.

#### **510.2.6 Forma**

En el caso de las zahorras artificiales, el índice de lajas 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 para tráfico muy pesado y pesado, del setenta y cinco por ciento (75%) 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 del huso fijado en la tabla 510.2 para las zahorras artificiales.

En todos los casos, el cernido por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 9332 será menor que los dos tercios (2/3) del cernido por el tamiz 0,250 mm de la UNE-EN 933-2.

**TABLA 510.2– HUSO GRANULOMÉTRICO DE LA ZAHORRA ARTIFICIAL. 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
<b>ZA25</b>	100	75-100	65-90	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9

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 zahorras 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 zahorra artificial***

El procedimiento de preparación del material deberá garantizar el cumplimiento de las condiciones granulométricas y de calidad exigidas. Ello exigirá normalmente la dosificación en central. Sin embargo, cuando el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares lo señale expresamente, o el Director de las Obras lo autorice, podrá efectuarse la mezcla in situ.

### ***510.4.2 Elementos de transporte***

La zahorra 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 vías en servicio.

### ***510.4.3 Equipo de extensión***

En todos los casos el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá definir, o en su defecto el Director de las Obras deberá aprobar, los equipos de extensión de las zahorras.

### ***510.4.4 Equipo de compactación***

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados 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 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), con 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 compactación 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 la tabla 510.3.

**TABLA 510.3– TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO EN ZAHORRA ARTIFICIAL**

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	
Cernido por los tamices UNE-EN 933-2	> 4 mm	% sobre la masa total	± 8
	≤ 4 mm		± 6
	0,063 mm		± 2
Humedad de compactación		% respecto de la óptima	- 1,5 / +1

#### ***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.

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 o el Director de las Obras, 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. El director de las obras podrá aprobar la extensión de tongadas en espesores superiores al indicado si se comprueba que con los equipos de compactación disponibles se consiguen, tanto en la parte superior como en la inferior de la tongada, las densidades mínimas especificadas en el apartado 510.7.1.

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 PRUEBA**

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 cincuenta metros (50 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 zorra.
- 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.

En obras pequeñas, y cuando el contratista haya trabajado con materiales similares, el Director de las Obras podrá autorizar que no se realice el tramo de prueba.

## **510.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA**

### ***510.7.1 Densidad***

Para las categorías de tráfico pesado y muy pesado, la compactación de la zorra 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.

Cuando la zorra artificial se vaya a emplear en calzadas con categoría de tráfico medio y ligero o fuera de la calzada, 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 la tabla 510.4, establecida según las categorías de tráfico pesado.
- El valor exigido a la superficie sobre la que se apoya la capa de zahorra multiplicado por uno coma tres (1,3).
- Además de lo anterior, el valor de la relación de módulos  $E_{v2}/E_{v1}$  será inferior a tres unidades (3,0), salvo que el Director de las Obras indicase un valor inferior.

TABLA 510.4– VALOR MÍNIMO DEL MÓDULO  $E_{v2}$  (MPa)

ZAHORRA ARTIFICIAL	CATEGORIA DE TRAFICO			
	Muy Pesado	Pesado	Medio	Ligero y fuera de calzada
	150	100	100	80

### **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 vías con categoría de tráfico pesado y muy pesado, 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**

Dispuestas estacas de refino, niveladas hasta milímetros (mm) con arreglo a los planos, en el eje, quiebros de peralte si existen, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad (1/2) de la distancia entre los perfiles del proyecto, se comparará la superficie acabada con la teórica que pase por la cabeza de dichas estacas.

La citada superficie no deberá diferir de la teórica en ningún punto en más de quince milímetros (15 mm) bajo calzadas con tráfico pesado y muy pesado, ni de veinte milímetros (20 mm) en los demás casos. 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.

Será optativa del Director de las Obras la comprobación de la superficie acabada con regla de tres metros (3 m), estableciendo la tolerancia admisible en dicha comprobación, de no venir fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Las irregularidades que excedan de las tolerancias especificadas se corregirán por el constructor, a su cargo. Para ello se escarificará en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm), se añadirá o retirará el material necesario y de las mismas características, y se volverá a compactar y refinar.

Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existieran problemas de encharcamiento, el director de las obras podrá aceptar la superficie, siempre que la capa superior a ella compense la merma de espesor sin incremento de coste para el Ayuntamiento.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá exigir el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, aplicando, en zahorras artificiales, lo fijado en la tabla 510.5

TABLA 510.5 – ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	IRI (dm/hm)
50	< 3,0
80	< 4,0
100	< 5,0

## 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 del PG-3 (2004). Dicha protección se barrerá antes de ejecutar otra unidad de obra sobre las zahorras. 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 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 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 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 a 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 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.

## **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***

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa terminada exceden los límites establecidos, se procederá a escarificar la capa en una profundidad

mínima de quince centímetros (15 cm) en toda la longitud afectada y se volverá a compactar y refinar por cuenta del Contratista.

### **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 aceptará como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Generalitat Valenciana.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por la Dirección General de Obras Públicas de la Generalitat Valenciana o por 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 REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

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. (Coeficiente de limpieza)

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**



## 512 SUELOS ESTABILIZADOS IN SITU

### 512.1 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 dos tipos de suelos estabilizados in situ, denominados respectivamente S-EST1 y S-EST2 que se pueden conseguir con cal o con cemento.

### 512.2 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 del PG-3 (2004) y las adicionales que establezca, en su caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

### **512.2.2 Cemento**

Podrán utilizarse cementos Portland con adiciones (tipo II), de alto horno (tipo III), puzolánicos (tipo IV) o compuestos (tipo V).

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.

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 del PG-3 (2004) y las adicionales que establezca, en su caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Si el contenido de sulfatos solubles (SO<sub>3</sub>) 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 principio de fraguado, según la UNE-EN 196-3, 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 ± 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  $R = 70$
- $\text{SiO}_2 > 35 + 0,5R$  , cuando  $R < 70$

#### 512.2.3.2 Granulometría

Los suelos que se vayan a estabilizar in situ con cal cumplirán, lo indicado en la tabla 512.1.1.

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 la tabla 512.1.2.

TABLA 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	$\geq 15$

TABLA 512.1.2– GRANULOMETRÍA DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES CON CEMENTO TIPO DE SUELO ESTABILIZADO CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

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	$> 20$	$< 50$

#### 512.2.3.3 Composición química

Los suelos que se vayan a estabilizar in situ con cal o con cemento cumplirán lo indicado en la tabla 512.2.

TABLA 512.2 – COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUELO

CARACTERÍSTICA	NORMA	TIPO DE SUELO ESTABILIZADO	
		S-EST1	S-EST2
Materia orgánica (MO) (% en masa)	UNE 103204	< 2	< 1
Sulfatos solubles (SO <sub>3</sub> ) (% en masa)	UNE 103201	< 1	

#### 512.2.3.4 Plasticidad

Los suelos que se vayan a estabilizar in situ con cal cumplirán lo indicado en la tabla 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. Por su parte, los suelos que se vayan a estabilizar in situ con cemento cumplirán lo indicado en la tabla 512.3.2.

TABLA 512.3.1– PLASTICIDAD DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES CON CAL.

TIPO DE SUELO ESTABILIZADO	INDICE DE PLASTICIDAD (IP) (UNE 103104)
S-EST1	≥ 12
S-EST2	≥ 12 y ≤ 40

TABLA 512.3.2– PLASTICIDAD DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES CON CEMENTO.

CARACTERÍSTICA	NORMA	TIPO DE SUELO ESTABILIZADO	
		S-EST1	S-EST2
LIMITE LIQUIDO (LL)	UNE 103103	-	≤ 40
INDICE DE PLASTICIDAD (IP)	UNE 103104	≤ 18	

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 la tabla 512.3.2.

#### 512.2.4 Agua

El agua cumplirá las prescripciones del artículo 280 del PG-3 (2004).

### 512.3 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 la tabla 512.4.

TABLA 512.4– ESPECIFICACIONES DEL SUELO ESTABILIZADO IN SITU

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA	TIPO DE SUELO ESTABILIZADO	
			S-EST1	S-EST2
CONTENIDO DE CAL O CEMENTO	% en masa de suelo seco		≥ 2	≥ 3
INDICE CBR, a 7 días (*)	-	UNE 103502	≥ 6	≥ 12
DENSIDAD (Proctor modificado)	% de la densidad máxima	UNE 103501	≥ 95(**)	≥ 97

(\*) Para la realización de estos ensayos, las probetas se compactarán, según la NLT-310, con la densidad especificada en la fórmula de trabajo.

(\*\*) En la capa de coronación del cimiento, este valor será del noventa y siete por ciento (97%).

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.

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 la tabla 512.5.

**TABLA 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

#### **512.4 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 vías con tráfico muy pesado 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 utilizando, 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 aún sin urbanizar, (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, aprobado por el Director de las Obras.

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 de un compactador vibratorio de rodillo metálico y de un 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 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 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 del PG-3 (2004) y del cemento su tipo y clase resistente de acuerdo con el artículo 202 del PG-3 (2004) 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 la tabla 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 la tabla 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 la tabla 512.4.
- El plazo de trabajabilidad en el caso de las estabilizaciones con cemento, cuyo valor deberá cumplir lo indicado en la tabla 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 de la 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 del PG-3 (2004).

### ***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 referida al tamiz 25 mm de la UNE-EN 933-2 del ochenta por ciento (80%) en estabilizaciones para obtener 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 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 viva 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 aún sin urbanizar (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 especialmente sensibles. No podrá procederse 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 ambiental, 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 la tabla 512.4.

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 disponerse 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 refinado 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 transversal 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.

En los suelos estabilizados con cemento que constituyan capas de coronación para la formación de explanadas, mientras no se hayan finalizado la compactación, la terminación de la superficie y el curado final, 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 tres días (3 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 Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras fijará la longitud del tramo de prueba, que no podrá ser inferior a

cincuenta metros (50 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.

En obras pequeñas y cuando el Contratista haya trabajado con materiales similares, el Director de las Obras podrá autorizar que no se realice el tramo de prueba.

## 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 la tabla 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 la tabla 512.6. La determinación deberá llevarse a cabo transcurridos entre catorce días (14 d) y veintiocho días (28 d) desde la ejecución.

TABLA 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
$E_{v2}$ (MPa)	50	100

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 una explanada, 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**

Dispuestas estacas de refino, niveladas hasta milímetros (mm) con arreglo a los Planos, en el eje, quiebros de peralte si existieren, y bordes de perfiles transversales, cuya separación no exceda de la mitad (1/2) de la distancia entre los perfiles del Proyecto, se comparará la superficie acabada con la teórica que pase por las cabezas de dichas estacas.

La superficie acabada no deberá rebasar la teórica en ningún punto, ni diferir de ella más de treinta milímetros (30 mm). En todos los semiperfiles se comprobará la anchura estabilizada, que en ningún caso podrá ser inferior a la teórica deducida de la sección tipo de los Planos.

Será optativa del Director de las Obras la comprobación de la superficie acabada con regla de tres metros (3 m), estableciendo la tolerancia admisible en dicha comprobación, de no venir fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Las irregularidades que excedan de las tolerancias especificadas se corregirán por el constructor, a su cargo. Para ello se escarificará en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm), se añadirá o retirará el material necesario y de las mismas características, y se volverá a compactar y refinar.

Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existieran problemas de encharcamiento, el Director de las Obras podrá aceptar la superficie, siempre que la capa superior a ella compense la merma de espesor sin incremento de coste para el Ayuntamiento.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá exigir el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, de estabilizaciones in situ de capas para la formación de explanadas aplicando lo fijado en la tabla 512.7.

**TABLA 512.7– ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)**

<b>PORCENTAJE DE HECTOMETROS</b>	<b>IRI (dm/hm)</b>
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 o el Director de las Obras, 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 del PG-3 (2004).

#### **512.9.1.2 Cemento**

Se seguirán las prescripciones del artículo 202 del PG-3 (2004).

#### **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 más por cada cinco mil metros cúbicos (5 000 m<sup>3</sup>), o fracción, de exceso sobre veinte mil metros cúbicos (20 000 m<sup>3</sup>) 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 SO<sub>3</sub>), 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 del PG-3 (2004), 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 una muestra del suelo antes de mezclarlo con la cal o con el cemento sobre la 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 humedad 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 dos (2) 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. 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 m<sup>3</sup>) de suelo estabilizado in situ con cal o con cemento o una 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 m<sup>3</sup>) de suelo estabilizado in situ con cal o con cemento o una vez al mes, si se estabilizara una cantidad menor, se realizará un ensayo de colapso, según la NLT-254 y un 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 cinco (5) lotes consecutivos.

Se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de cuatro (4) 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, según la estación meteorológica más próxima a la obra.
- 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 control semanal 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 a la fracción construida diariamente.

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.

## **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 la tabla 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 la tabla 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 la tabla 512.4, se escarificará la capa de suelo estabilizado correspondiente al lote controlado y se volverá a estabilizar 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 Capacidad de soporte***

Para cada lote, la media de los índices CBR no deberá ser inferior al valor especificado en la tabla 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 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 escarificará la capa de suelo estabilizado correspondiente al lote controlado y se volverá a estabilizar 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.

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 escarificará 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***

— 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 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 REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

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,  
GRAVACIMIENTO Y HORMIGÓN  
COMPACTADO)**



## **513 MATERIALES TRATADOS CON CEMENTO (SUELOCEMENTO, GRAVACIMIENTO Y HORMIGÓN COMPACTADO)**

### **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. El hormigón compactado es una mezcla homogénea de áridos, agua y conglomerante, que se pone en obra de forma análoga a una gravacemento, aunque su contenido de cemento es similar al de un pavimento de hormigón vibrado.

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 tres tipos de material tratado con cemento denominados, respectivamente, suelocemento (SC), gravacemento (GC) y hormigón compactado (HC).

### **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**

Podrán utilizarse cementos Portland con adiciones (tipo II), de horno alto (tipo III), puzolánicos (tipo IV) o compuestos (tipo V).

Salvo justificación en contrario, la clase resistente del cemento será la 32,5N. 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 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 del PG-3 (2004) y las adicionales que establezca, en su caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Si el contenido ponderal de sulfatos solubles ( $SO_3$ ) 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 principio de fraguado, según la UNE-EN 196-3, 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 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 suelocemento será una zorra, 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 y en el hormigón compactado 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 suelocemento o el árido de la gravacemento y del hormigón compactado 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 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.

#### 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  $R = 70$
- $\text{SiO}_2 > 35 + 0,5R$  , cuando  $R < 70$

#### 513.2.2.3 Plasticidad

El límite líquido del material granular del suelocemento, 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 y de hormigón compactado, en vías con categoría de tráfico pesado y muy pesado, 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 y hormigón compactado.

##### 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 la tabla 513.1.

**TABLA 513.1– PROPORCIÓN MÍNIMA (% en masa) DE PARTÍCULAS TRITURADAS DEL ÁRIDO GRUESO**

TIPO DE CAPA	CATEGORIA DE TRAFICO	
	Muy Pesado	Pesado, Medio y Ligero
CALZADA	75	50
FUERA DE LA CALZADA	50	30

El máximo índice de lajas de las distintas fracciones del árido grueso, según la UNE-EN 933-3, deberá ser inferior a treinta y cinco (35).

El máximo valor del coeficiente de Los Ángeles de las distintas fracciones del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2, será de treinta (35).

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 gravacemento y el hormigón compactado. 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).

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 del PG-3 (2004).

#### **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 obligatorio realizar ensayos previos para comprobar que cumplen su función con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

El empleo de otras adiciones deberá ser aprobado por el Director de las Obras.

### 513.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

La granulometría del material granular empleado en la fabricación del suelocemento deberá ajustarse al huso definido en la tabla 513.2.

El contenido mínimo de cemento del suelocemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la tabla 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.

**TABLA 513.2– HUSO GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL GRANULAR DEL SUELOCEMENTO**

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
<b>SC</b>	-	-	100	92-100	76-100	63-100	48-100	36-94	18-65	2-35

La granulometría de los áridos empleados en la fabricación de la gravacemento deberá ajustarse al huso definido en la tabla 513.3.

El contenido mínimo de cemento de la gravacemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la tabla 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.

**TABLA 513.3– HUSO GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO DE LA GRAVACEMENTO**

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
<b>GC</b>	-	100	80-100	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7

En el caso del hormigón compactado, la granulometría de los áridos combinados deberá ser continua, y junto con la del conglomerante en la proporción establecida deberá quedar incluida dentro del huso de la tabla 513.4.

El árido se suministrará fraccionado, al menos, en dos tamaños, separados, aproximadamente por el tamiz 4 UNE.

TABLA 513.4. HUSO GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO PARA EL HORMIGÓN COMPACTADO

HORMIGÓN COMPACTADO	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa) ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)							
	25	20	12,5	8	4	2	0,500	0,063
HC	100	85-100	66-92	52-78	36-58	30-47	16-27	9-19

TABLA 513.5– RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN A SIETE DÍAS (7 d), SEGÚN LA NLT-305 (MPa)

MATERIAL	ZONA	Mínima	Máxima
GRAVACIMIENTO	Calzada	4,5	7,0
	Fuera de la calzada	4,5	6,0
SUELOCIMIENTO	-	2,5	4,5

El plazo de trabajabilidad de una mezcla con cemento se determinará de acuerdo con la UNE 41240, no pudiendo ser inferior al indicado en la tabla 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.

TABLA 513.6– PLAZO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD (tpm)

TIPO DE EJECUCION	t <sub>pm</sub> (minutos)
ANCHURA COMPLETA	180
POR FRANJAS	240

Para establecer la dosificación del hormigón compactado deberán realizarse ensayos previos a la ejecución.

La dosificación de conglomerante no deberá ser inferior a 280 Kg/m<sup>3</sup> La resistencia a tracción indirecta de probetas, según las normas UNE 7240 y 7396, no deberá ser inferior a 2,8 MPa (28 kp/cm) a los 28 días.

Previa autorización del Director de las obras, podrán ensayarse probetas a edades tempranas, para establecer correlaciones razonables para el control de la obra.

#### **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.

Por resistencia media se entiende la media aritmética de los resultados obtenidos al menos sobre tres (3) probetas de la misma amasada, 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%).

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. Además de ser obligatorio el control ponderal para el cemento y para las cenizas, si se utilizan.

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 vías de tráfico muy pesado y pesado, 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 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 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 extendedora, 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 vías de tráfico muy pesado y pesado (MP y P), 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 (carretones 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.

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.

#### ***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 compactador vibratorio de rodillos metálicos y un 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 la tabla 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 con categoría de tráfico pesado y muy pesado (P y MP) 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 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.

En la ejecución del hormigón compactado 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.

#### 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.

TABLA 513.7– TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO (\*)

CARACTERÍSTICAS		UNIDAD	TOLERANCIA
Cernido tamices UNE-EN 933-2	Tamaño máximo	% sobre la masa total	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.

#### 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.

En el hormigón compactado 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.

#### ***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 Normativa del Ayuntamiento de Valencia, 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. Salvo justificación en contrario, la separación entre juntas será de tres metros (3 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.

En la compactación del hormigón compactado 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.

#### ***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 tratada con cemento, se procederá a la aplicación de un riego con una emulsión bituminosa, 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 de suelocemento y gravacemento, al menos durante los tres días (3 d) siguientes a su terminación, y durante siete días (7 d) a los vehículos muy pesados.

La capa de hormigón compactado 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.

En el caso de que se vaya a circular por encima de la capa tratada con cemento 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 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 inferior a cincuenta metros (50 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.

En el caso del hormigón compactado, 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, cuatro (4) 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.

## **513.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA**

### ***513.7.1 Densidad***

La densidad de la capa tras el proceso de compactación no deberá ser inferior al noventa y ocho por ciento (98%) en el suelocemento y gravacemento, e inferior al noventa y siete por ciento (97%) en el hormigón compactado, 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).

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***

Dispuestas estacas de refino, niveladas hasta milímetros (mm) con arreglo a los Planos, en el eje y bordes de perfiles transversales, cuya distancia no

exceda de veinte metros (20 m), se comparará la superficie acabada con la teórica que pase por las cabezas de dichas estacas.

La superficie acabada no deberá rebasar la teórica en ningún punto, ni quedar por debajo de la misma en más de un quinto (1/5) del espesor previsto, en los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, para las capas tratadas.

La superficie acabada no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), aplicada tanto paralela como normalmente al eje de la vía.

El espesor de la capa se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos, con la frecuencia y en los puntos que señale el Director de las Obras. Si se rebasase esta tolerancia, se extraerán testigos más próximos, para delimitar la zona rechazada.

Las desviaciones en planta respecto de la alineación teórica no deberán ser superiores a cinco centímetros (5 cm).

Cuando el incumplimiento de las tolerancias sea debido exclusivamente a la existencia de puntos altos, éstos podrán eliminarse por abrasión con discos de diamante.

En el hormigón compactado, la regularidad superficial de cada lote se controlará dentro de las veinticuatro horas siguientes a su ejecución.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá exigir el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, de la capa terminada aplicando lo fijado en la tabla 513.8.

**TABLA 513.8– ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)**

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	IRI (dm/hm)
50	< 3,0
80	< 3,5
100	< 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 del PG-3 (2004).

##### **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 gravacemiento 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 gravacemiento 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 gravacemiento 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 gravacemiento:

- 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:

Una vez al día y sobre una muestra:

- 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.

Una vez a la semana:

- 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 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 una vez al día según la UNE-EN 932-1, al menos una 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 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 vez por lote se determinará la humedad del material tratado, según la UNE 103300, y en todo caso se llevará a cabo este control una vez al día. 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 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.

Se controlarán por cada lote como mínimo dos (2) amasadas diferentes. 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. 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 métodos 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 control 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.

En el caso del hormigón compactado, el control diario, como mínimo, de la dosificación del producto de curado, se realizará mediante placa cuadrada de setenta por setenta centímetros cuadrados (70 x 70 cm<sup>2</sup>).

#### *513.9.3 Control de recepción de la unidad terminada*

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque a 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.

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 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 evaluación 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 número de testigos a extraer en cada uno de los lotes (aceptado y no conforme) no 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 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.

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.

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 subyacente 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<sup>2</sup>), 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<sup>3</sup>) 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 gravacemiento 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 REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

NLT-305 Resistencia a compresión simple de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos.

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-310 Compactación con martillo vibrante de materiales granulares tratados.

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 alcali-sílice y alcali-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.

**UNE 7240 y 7396** Ensayos de resistencia a tracción indirecta de probetas.



## **530 RIEGOS DE IMPRIMACIÓN**



## 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.

### 530.2 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.

#### *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», del PG-3 (2004).
- EAI, ECI, EAL-1 o ECL-1 del artículo 213, «Emulsiones bituminosas», del PG-3 (2004), 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 9332, 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).

#### 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 g/m<sup>2</sup>) 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 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.

### 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 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 aquél 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 del PG-3 (2004) o 213.4 del artículo 213 del PG-3 (2004), 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 del PG-3 (2004) o 213.5 del artículo 213 del PG-3 (2004), 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 a 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 tres (3) 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 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.

### **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 2200/95, de 28 de diciembre.

### **NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

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 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 gravilla, 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 Particulares y, salvo justificación en contrario, deberá estar incluido entre los que a continuación se indican:

- EAR-1 o ECR-1; artículo 213, «Emulsiones bituminosas», del PG-3 (2004).
- ECR-1-m o ECR-2-m; artículo 216, «Emulsiones bituminosas modificadas con polímeros», del PG-3 (2004).

### **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 g/m<sup>2</sup>) de ligante residual, ni a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado (250 g/m<sup>2</sup>)

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 S (artículo 542 de este Pliego).

No obstante, el Director de las Obras podrá modificar tal dotación, a la vista de las pruebas realizadas en obra.

#### **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.

En obras de más de setenta mil metros cuadrados (70 000 m<sup>2</sup>) de superficie, el equipo para la aplicación de la emulsión deberá disponer de rampa de riego. En obras pequeñas y en puntos inaccesibles a los equipos descritos anteriormente, 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 serpentines sumergidos en la cisterna, 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 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 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 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 del PG-3 (2004) o 216.4 del artículo 216 del PG-3 (2004), 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 del PG-3 (2004) o 216.5 del artículo 216 del PG-3 (2004), según el tipo de emulsión a emplear.

### ***531.7.3 Control de ejecución***

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque a 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 tres (3) 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 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 8 de diciembre.

## **NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

**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 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, deberá estar incluido entre los que a continuación se indican:

— EAR-1, ECR-1; artículo 213, «Emulsiones bituminosas», del PG-3 (2004).

#### ***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 9332 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).

#### 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 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. 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 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 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 extendedora 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.

### **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 del PG-3 (2004).

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 del PG-3 (2004).

#### **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 a 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 tres (3) 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 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 2200/95, de 28 de diciembre.

## **NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

**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.



# **542 MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE**



## **-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 megapascales (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 542.2 Y 542.7.

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.

Cuando entren en vigor las normas europeas UNE EN-13108 y UNE EN-12697 con la implantación del Mercado CE de las mezclas bituminosas en España, las especificaciones de este artículo se adaptarán a la misma.

### ***542.2.1 Ligante hidrocarbonado***

El ligante hidrocarbonato será un betún de penetración B60/70, cuyas especificaciones se recogen en el artículo 211, del PG-3 (2004), y que podrán ser sustituidos por betunes de penetración que cumplan la norma europea UNE-EN 12591 para B50/70. También podrá utilizarse un betún B40/50 si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares lo indica, o en su defecto el Director de las Obras.

Para mezclas bituminosas en caliente de alto módulo el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear será el BM-1 para las categorías de tráfico muy pesado y el B13/22 para la categoría de tráfico pesado.

En el caso de utilizar betunes con adiciones no incluidos en los artículos 211 ó 215 del PG-3 (2004), 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 del PG-3 (2004).

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.

**TABLA 542.1– PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TRITURADAS DEL ÁRIDO GRUESO (% en masa)**

TIPO DE CAPA	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO			
	Muy Pesado	Pesado	Medio y fuera de la calzada	Ligero
RODADURA	100	100	≥90	≥75
INTERMEDIA		≥90		

**TABLA 542.2– ÍNDICE DE LAJAS DEL ÁRIDO GRUESO**

TIPO DE MEZCLA	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO			
	Muy Pesado	Pesado	Medio y fuera de la calzada	Ligero
SEMIDENSA Y GRUESA	≤25	≤30	≤35	
DRENANTE		≤25		

**TABLA 542.3– COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES DEL ÁRIDO GRUESO**

TIPO DE CAPA	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO	
	Muy Pesado y Pesado	Medio, Ligero y fuera de la calzada
RODADURA DRENANTE	≤20	≤25

RODADURA CONVENCIONAL	≤25	
INTERMEDIA		

**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 542.1.

**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 542.2.

**542.2.2.2.4 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, deberá cumplir lo fijado en la tabla 542.3.

**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 542.4.

**TABLA 542.4– COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO DEL ÁRIDO GRUESO PARA CAPAS DE RODADURA**

CATEGORIA DE TRAFICO PESADO		
Muy Pesado	Pesado	Medio, Ligero y fuera de la calzada
≥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.

TABLA 542.5 – PROPORCIÓN DE ÁRIDO FINO NO TRITURADO (\*) A EMPLEAR EN LA MEZCLA (% en masa del total de áridos, incluido el polvo mineral)

CATEGORIA DE TRAFICO PESADO		
Muy Pesado	Pesado(**)	Medio, Ligero y fuera de la calzada
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.

##### 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 542.5.

##### 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 542.2.2.2.4 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 (27) para capas de rodadura e inferior a treinta (30) en capas intermedias y 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.

TABLA 542.6 – PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN (% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

TIPO DE MEZCLA	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO		
	Muy Pesado	Pesado	Medio, Ligero y fuera de la calzada
RODADURA	100		≥50
INTERMEDIA	100	≥50	

##### *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 542.6.

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 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.

#### *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 542.7. 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 542.8.

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 indicado en la tabla 542.9, 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 semidensas y gruesas, en función de la categoría de tráfico pesado se fijará de acuerdo con las indicadas en la tabla 542.10.

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).

TABLA 542.7 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

TIPO DE MEZCLA		ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)										
		40	25	20	12,5	8	4	2	0,500	0,250	0,125	0,063
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
Drenante	PA10	-	-	-	100	55-75	13-27	9-20	5-12	-	-	3-6
	PA12	-	-	100	70-100	38-62	13-27	9-20	5-12	-	-	3-6
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

-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 diez por ciento en masa.

TABLA 542.8 – 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	S12; PA12; PA10
	>5	S20
INTERMEDIA	5-10	S20; S25
BASE	7-15	S25; G20; G25; MAM (**)

(\*) 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).

**TABLA 542.9–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
	SEMIDENSA	4,75
INTERMEDIA	SEMIDENSA	4,0
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 542.10 – RELACIÓN RECOMENDABLE DE POLVO MINERAL LIGANTE EN MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO SEMIDENSAS Y GRUESAS PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO MUY PESADO Y PESADO.**

TIPO DE CAPA	RELACIÓN POLVO MINERAL
RODADURA	1,3
INTERMEDIA	1,2

#### **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 o discontinua, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada.

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.

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 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 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 para los áridos calientes, cuya precisión sea superior al medio por ciento ( $\pm 0,5\%$ ), y al menos uno para el polvo mineral y uno 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 fabricación 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. 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.

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 originales.

#### ***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 compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixto, y un compactador de neumáticos; para mezclas bituminosas drenantes este último se sustituirá por un 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 pretende 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 del PG-3 (2004)
- 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 excederá 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 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 en vías con tráfico muy pesado mediante la pista de ensayo de laboratorio, según la NLT-173.
- Se aplicarán los criterios indicados en la tabla 542.11, 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 megapascales (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 tráfico muy pesado y el veinticinco por ciento (25%) en masa en los demás casos.

Para todo tipo de mezcla, en el caso de tráfico muy pesado 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

En cualquier circunstancia se comprobará la adhesividad árido-ligante mediante la caracterización de la acción del agua. Para ello, en mezclas semidensas, gruesas y de alto módulo, la pérdida de resistencia en el ensayo de inmersión-compresión, según la NLT-162, no rebasará el veinticinco por ciento (25%); y, en mezclas drenantes, la pérdida por abrasión en el ensayo cántabro, según la NLT-352, tras ser sometidas a un proceso de inmersión en agua durante veinticuatro horas (24 h) a sesenta grados Celsius (60 °C) no rebasará el treinta y cinco por ciento (35%) para tráfico muy pesado, y el cuarenta por ciento (40%) para tráfico pesado y medio.

**TABLA 542.11 – CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (75 golpes por cara)**

CARACTERÍSTICA		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		Muy Pesado y Pesado		Medio y fuera de la calzada	Ligero
ESTABILIDAD		> 12,5		> 10	8-12
DEFORMACIÓN (mm)		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.

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 dotación mínima de ligante hidrocarbonado no será inferior a lo indicado en la tabla 542.9.

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 producción se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo.

#### ***542.5.2 Preparación 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 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.

#### ***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 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 extendedora y la producción de la central.

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 y medio o pavimentación de vías en las que no sea posible cortar el tráfico, dichas juntas deberán coincidir en una limatesa del pavimento.

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, con las tolerancias establecidas en el apartado 542.7.2.

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 detención, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender, en la tolva de la extendedora 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 tres metros (3 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 del PG-3 (2004), 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, aunque en obras pequeñas, éste podrá autorizar que este tramo de prueba no se realice.

## **542.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA**

### ***542.7.1 Densidad***

Obtenida la densidad de referencia, aplicando la compactación prevista en la UNE-EN 12697-34:2006 a una mezcla bituminosa con granulometría y dosificación medias del lote definido en el apartado 542.9.4, en mezclas bituminosas semidensas 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 inferior 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 Rasante, 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 Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá exigir el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, aplicando lo fijado en la tabla 542.12.

**TABLA 542.12– ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN**

<b>PORCENTAJE DE HECTOMETROS</b>	<b>IRI (dm/hm)</b>
50	< 2,0
80	< 2,5
100	< 3,0

### **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 del PG-3 (2004) o 215.4 del artículo 215 del PG-3 (2004), 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 que para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán tres (3) 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:

- 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.

#### 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 tres (3) 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 del PG-3 (2004) o 215.5 del artículo 215 del PG-3 (2004), 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 una vez 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 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 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 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 una muestra, según la UNE-EN 932-1, 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 muestra de la mezcla de áridos en caliente, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 9331, 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 aquellas 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 una 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 el criterio 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 vez al día, y al menos una vez por lote:

— En mezclas 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 UNE-EN 12697-34:2006. 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 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 del PG-3 (2004).

Antes de verter la mezcla del elemento de transporte a la tolva de la extendedora, 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 a la fracción construida diariamente.

Se extraerán testigos en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a tres (3), 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. 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.

## **542.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO**

### ***542.10.1 Densidad***

En mezclas semidensas y gruesas, la densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el apartado 542.7.1; no más de dos (2) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen de la prescrita en más de dos (2) puntos porcentuales.

En mezclas 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 dos (2) 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.

### **542.11 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 del PG-3 (2004).

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 REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

UNE-EN 12697-34:2006 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 34: Ensayo 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.

**NLT-336** Determinación de 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 MEZCLAS BITUMINOSAS DISCONTINUAS EN CALIENTE PARA CAPAS DE RODADURA**

### **543.1 DEFINICIÓN**

Se define como mezcla bituminosa discontinua en caliente para capas de rodadura aquélla 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 una mezcla fonoabsorbente (FA) y otra mezcla (F) con dos husos granulométricos con tamaño máximo nominal de ocho y diez milímetros (8 y 10 mm). Con cada huso granulométrico podrán fabricarse mezclas bituminosas discontinuas en caliente, para capas de rodadura de dos y tres centímetros (2 y 3 cm).

Su ejecución comprenderá 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.

### **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.

Cuando entren en vigor las normas europeas UNE EN-13108 y UNE EN-12697 con la implantación del Mercado CE de las mezclas bituminosas en España, las especificaciones de este artículo se adaptarán a la misma.

### **543.2.1 Ligante hidrocarbonado**

El tipo de ligante hidrocarbonado a emplear será un B60/70 para las mezclas fonoabsorbentes y en función de la categoría de tráfico pesado BM-3b para tráfico muy pesado o B60/70 en los otros casos para la mezcla F, entre los que se indican en la tabla 543.1 y, salvo justificación en contrario, deberá cumplir las especificaciones de los correspondientes artículos del PG-3 (2004).

TABLA 543.1– TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR.

CATEGORIA DE TRAFICO	
Muy Pesado	Pesado, Medio, Ligero y fuera de la calzada
BM-3b	B60/70

El betún de penetración B60/70, cuyas especificaciones se recogen en el artículo 211 del PG-3 (2004), podrá ser sustituido por un betún de penetración B50/70 que cumpla con la norma europea UNE-EN 12591. También podrá utilizarse un betún B40/50 si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares lo indica, o en su defecto el Director de las Obras.

En el caso de utilizar betunes con adiciones no incluidos en los artículos 211 ó 215 del PG-3 (2004), 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 del PG-3 (2004).

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 fonoabsorbentes o 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)

CATEGORIA DE TRAFICO	
Muy Pesado y Pesado	Medio, Ligero y fuera de la calzada
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

CATEGORIA DE TRAFICO	
Muy Pesado y Pesado	Medio, Ligero y fuera de la calzada
≤ 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 10972, deberá cumplir lo fijado en la tabla 543.4.

TABLA 543.4– COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES DEL ÁRIDO GRUESO

TIPO DE MEZCLA	CATEGORIA DE TRAFICO
----------------	----------------------

	<b>Muy Pesado y Pesado</b>	<b>Medio, Ligero y fuera de la calzada</b>
F	≤ 20	≤ 25
FA	≤ 20	≤ 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– COEFICIENTE DE PULIMIENTO ACELERADO DEL ÁRIDO GRUESO**

<b>CATEGORIA DE TRAFICO</b>	
<b>Muy Pesado y Pesado</b>	<b>Medio, Ligero y fuera de la calzada</b>
≥ 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.

#### *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 (27).

### 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.

**TABLA 543.6– PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN**  
(% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

CATEGORIA DE TRAFICO	
Muy Pesado y Pesado	Medio, Ligero y fuera de la calzada
100	≥ 50

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, 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>).

#### **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.

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.

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 y FA.

**TABLA 543.7– HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)**

TIPO DE MEZCLA	ABERTURA DE LOS TAMICES (mm)						
	12,5	10	8	4	2	0,500	0,063
F8	-	100	75-97	23-38	18-32	11-23	7-9
F10	100	75-97	-	23-38	18-32	11-23	7-9
FA	100	75-90	-	30-50	20-30	15-21	6-10

(\*) 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	
	F8	F10
DOTACION MEDIA DE MEZCLA (kg/m <sup>2</sup> )	40-55	65-80
DOTACION MINIMA (*) DE LIGANTE (% en masa sobre el total del árido seco, incluido el polvo mineral)	5,5	
LIGANTE RESIDUAL EN RIEGO DE ADHERENCIA (kg/m <sup>2</sup> )	Firme nuevo	> 0,25
	Firme antiguo	> 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.

#### 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 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 para los áridos calientes, cuya precisión sea superior al medio por ciento ( $\pm 0,5\%$ ), y al menos uno para el polvo mineral y uno 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.

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 arcenes más los sobreamchos 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 extendedora 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 del PG-3 (2004), 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 extendedora, 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 UNE-EN 12697-34:2006, 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 y FA el análisis de huecos y la estabilidad empleando el método Marshall, según la UNE-EN 12697-34:2006, aplicando cincuenta (50) golpes por cara para la compactación de las probetas, cumplirán los valores mínimos fijados en la tablas 543.9 y 543.10

Para las vías de tráfico muy pesado 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.

**TABLA 543.9– CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS TIPO F CON EL ENSAYO MARSHALL**

CARACTERÍSTICA	VALOR
----------------	-------

Nº de golpes por cara	50
Estabilidad (kN)	> 7,5
Huecos en mezcla (%)	> 4

**TABLA 543.10– CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS TIPO FA CON EL ENSAYO MARSHALL**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>VALOR</b>
Nº de golpes por cara	50
Estabilidad (kN)	> 7
Huecos en mezcla (%)	> 8

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 y FA, la pérdida de resistencia en el ensayo de inmersión-compresión, según la NLT-162, 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, 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 del PG-3 (2004) 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).

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.

#### ***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.

Siempre que sea posible se realizará la extensión a ancho completo. 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 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 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 extendidora 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 extendidora 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 dos metros (2 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 dos metros (2 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. En obras pequeñas se podrá prescindir de la ejecución previa del tramo de prueba.

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.

## **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 FA, 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 543.10.

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 Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá exigir el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, aplicando lo fijado en la tabla 543.11.

**TABLA 543.11– ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN**

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	IRI (dm/hm)
50	< 1,5
80	< 2,0
100	< 2,5

### 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.

### 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 del PG-3 (2004) o 215.4 del artículo 215 del PG-3 (2004), 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 tres (3) 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 tres (3) 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 del PG-3 (2004) ó 215.5 del artículo 215 del PG-3 (2004), 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 una vez 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 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 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 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 una muestras, según la UNE-EN 932-1, 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 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 aquéllas 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, se retirarán los áridos de los correspondientes silos en caliente.

Al menos una 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 el criterio 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 vez al día, y al menos una vez por lote:

- En mezclas tipo F y FA, análisis de huecos y resistencia a la deformación plástica empleando el método Marshall (serie de tres (3) probetas como mínimo), según la UNE-EN 12697-34:2006.
- 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:

- el número y tipo de compactadores son los aprobados.
- funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.
- lastre, y peso total de los compactadores.
- número de pasadas de cada compactador.

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 a la fracción construida diariamente.

En el caso de las mezclas tipo F y FA se extraerán testigos en puntos aleatoriamente elegidos, en número no inferior a tres (3) 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.

Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución. La comprobación de la regularidad superficial de toda la longitud de la obra tendrá lugar además antes de la recepción definitiva de las obras.

### **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.

### ***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.

## **543.11 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 adherencia se abonará según lo prescrito en el artículo 531, riegos de adherencia, del PG-3 (2004).

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 discontinúas 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 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 REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

UNE-EN 12697-34:2006 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 34: Ensayo Marshall.

NLT-162 Efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas bituminosas compactadas (ensayo de inmersión-compresión).

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-336 Determinación de la resistencia al deslizamiento con el equipo de medida del rozamiento transversal.

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-327 Permeabilidad in situ de pavimentos drenantes con el permeámetro LCS.

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.

## **550 PAVIMENTOS DE HORMIGÓN**



## 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, y eventualmente dotadas de juntas longitudinales; el hormigón se pone en obra con una consistencia tal, que requiere el empleo de vibración para su compactación y procedimientos específicos 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.
- Puesta en obra del hormigón.
- Ejecución eventual de juntas en fresco.
- Terminación.
- Numeración y marcado de las losas.
- Protección y curado del hormigón fresco.
- Ejecución de juntas serradas.
- Eventual 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*

Podrán utilizarse cementos Portland con adiciones (tipo II), de alto horno (tipo III), puzolánicos (tipo IV) o compuestos (tipo V).

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 del PG-3 (2004) 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).

### ***550.2.2 Agua***

El agua deberá cumplir las prescripciones del artículo 280 del PG-3 (2004).

### ***550.2.3 Árido***

El árido cumplirá las prescripciones del artículo 610 del PG-3 (2004) 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).

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-EN1097-2 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, 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 tráfico muy pesado sea superior 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).

#### *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.

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

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***

Los pasadores en las juntas transversales de construcción 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.

#### ***550.2.6 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 el curado del pavimento.

#### ***550.2.7 Productos filmógenos de curado***

Los productos filmógenos de curado deberán cumplir las prescripciones del artículo 285 del PG-3 (2004).

#### ***550.2.8 Materiales para juntas***

##### **550.2.8.1 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).

#### 550.2.8.2 Materiales para la formación de juntas en fresco

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.

#### 550.2.8.3 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 y muy pesado no se podrán emplear productos que no garanticen sus propiedades iniciales al menos durante diez (10) 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 al tipo indicado en la tabla 550.2 y estará especificada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

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%).

**TABLA 550.2– RESISTENCIA CARACTERÍSTICA MÍNIMA A FLEXOTRACCIÓN A 28 DÍAS**

TIPO DE HORMIGÓN	RESISTENCIA (MPa) (*)
HF	4,0

(\*) 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).

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 kg/m<sup>3</sup>) de hormigón fresco.

La dosificación de cemento no será inferior a trescientos kilogramos por metro cúbico (300 kg/m<sup>3</sup>) 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.

#### **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***

El hormigón 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 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 treinta metros por hora (30 m/h).

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 sola tolva o individualmente con una 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 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***

Salvo que el Director de las Obras lo autorice, 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 treinta metros por hora (30 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 vías con tráfico pesado y muy pesado, se empleará una pala mecánica de cazo ancho.
- Una pavimentadora de encofrados deslizantes capaz de extender, vibrar y enrasar uniformemente el hormigón fresco. 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.

La pavimentadora deberá ir provista de un fratás mecánico transversal oscilante, capaz de corregir todo tipo de irregularidades; así mismo se arrastrará una arpillera mojada que borre las huellas producidas por el fratás. 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.

Si la junta longitudinal se ejecuta en fresco, la pavimentadora deberá ir provista de los dispositivos automáticos necesarios para dicha operación.

En pavimentos de vías para tráfico pesado y muy pesado, la pavimentadora estará dotada de un fratás 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 fratás.

#### 550.4.3.2 Equipos manuales de extensión del hormigón

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá autorizar para áreas pequeñas la 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 fratasas 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 vías con tráfico medio y ligero, 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 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 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.

#### 550.5.3.2 Suministro y acopio de cemento

El cemento se suministrará y acopiará de acuerdo con el artículo 202 del PG-3 (2004).

#### 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.

#### 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 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.

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 arcenes y superficies reducidas de pavimentación.

#### ***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 transportado 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).

Los pasadores 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.

### ***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 fratases 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 señalizados 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 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 hormigón 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.

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.

### ***550.5.9 Terminación***

#### **550.5.9.1 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.

#### **550.5.9.2 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.

#### 550.5.9.3 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.

#### 550.5.9.4 Textura superficial

Se aplicará lo especificado en el apartado 550.4.3.1 referente a fratás y arpillera, una vez acabado el pavimento.

Para las vías con tráfico pesado y muy pesado, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá prever, o el Director de las Obras autorizar, 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.

#### ***550.5.10 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 losa de cada cinco (5), 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.

### ***550.5.11 Protección y curado del hormigón fresco***

#### **550.5.11.1 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.

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.

#### **550.5.11.2 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.

### 550.5.11.3 Curado por humedad

En las vías de tráfico medio y ligero el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrá autorizar el curado 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 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.

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.

### **550.5.13 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 cincuenta metros (50 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 HECTOMETROS	IRI (dm/hm)
50	< 1,5
80	< 2,0
100	< 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 treinta centésimas de milímetro (0,30 mm) y sesenta centésimas de milímetro (0,60 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 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 rebase 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 aserrado 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. El Director de las Obras podrá autorizar el paso de vehículos ligeros después de tres días (3 d).

### **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 del PG-3 (2004).

##### **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 tres (3) 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 NLT371.
- 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 del PG-3 (2004).

#### **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, 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 una vez al día:

- 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 lascas 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 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 muestra de la mezcla de áridos, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1. Al menos una 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 una vez al día:

- 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 vías con tráfico pesado y muy pesado, 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**

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, a 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. 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 aquella 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

### 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 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 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 fisuras 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 realizasen 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 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 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 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.

Si la profundidad media de la textura excediese los límites especificados, el Contratista lo corregirá, a su cargo, mediante un microfresado 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 prevean 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, sellado) y las operaciones necesarias para su ejecución.

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 autorizado 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 REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

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**



## 551 HORMIGÓN MAGRO

### 551.1 DEFINICIÓN

Se define como hormigón magro la mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base, con una dotación menor de cemento que en los pavimentos de hormigón, y que se compacta con vibración.

La ejecución del hormigón magro 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 (eventualmente).
- 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 legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

#### *551.2.1 Cemento*

Podrán utilizarse cementos Portland con adiciones (tipo II), de alto horno (tipo III), puzolánicos (tipo IV) o compuestos (tipo V).

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. El cemento cumplirá las prescripciones del artículo 202 del PG-3 (2004) 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 del PG-3 (2004).

### ***551.2.3 Árido***

Los áridos, serán naturales o procedentes del machaqueo y trituración de piedra de cantera o grava natural. 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 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 valor del equivalente de arena del árido fino, según la UNE-EN 933-8, no será inferior a setenta y cinco (75).

*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 ACUMULADO (% en masa)**

<b>ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)</b>						
<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0,500</b>	<b>0,250</b>	<b>0,125</b>	<b>0,063</b>
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, vengán 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 del PG-3 (2004).

### **551.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN MAGRO**

La resistencia media a compresión simple a veintiocho días (28 d) del hormigón magro, 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 diez centímetros (2 y 10 cm).

La dosificación de cemento no será inferior a ciento cuarenta kilogramos por metro cúbico (140 kg/m<sup>3</sup>) de hormigón fresco.

#### **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.

La instalación de hormigonado será capaz de realizar una mezcla regular e íntima de los componentes, proporcionando un hormigón de aspecto y consistencia uniformes, dentro de las tolerancias establecidas. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá especificar el equipo a emplear, y en todo caso el Director de las Obras deberá aprobarlo.

##### ***551.4.1 Central de fabricación***

Si el hormigón magro se fabricara en centrales de mezcla discontinua, éstas serán 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 treinta metros por hora (30 m/h).

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 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 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 sola tolva o individualmente con una 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 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 ( $1\%$ ) 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 Camiones mezcladores***

Serán capaces de proporcionar mezclas uniformes, y de descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones. El Director de las Obras deberá aprobar su empleo.

#### ***551.4.3 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 treinta metros por hora (30 m/h).

#### ***551.4.4 Equipos de puesta en obra del hormigón magro***

##### **551.4.4.1 Pavimentadoras**

La puesta en obra se realizará mediante una extendedora o una pavimentadora de encofrados deslizantes, como se describe en los artículos 542 y 550 de este Pliego.

##### **551.4.4.2 Equipos manuales**

En áreas pequeñas o cuando 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.

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, según la UNE 83304, una 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 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. 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 tráfico pesado y muy pesado. 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.

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.

#### 551.5.3.2 Suministro y acopio de cemento

El cemento se suministrará y acopiará de acuerdo con el artículo 202 del PG-3 (2004).

#### 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 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 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.

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, y 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 extendedora o una 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 maquina; 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 fratases de acabado se mantendrá un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

La compactación por vibración proseguirá hasta que no se produzcan corrimientos, ondulaciones o desplazamientos delante del elemento compactador, y se obtenga una superficie de textura cerrada. Se deberá alcanzar al menos el noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad saturada, determinada en laboratorio.

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 las bases de hormigón magro no será necesario disponer juntas de dilatación, ni de contracción.

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.

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 y contra la desecación rápida, especialmente en condiciones de baja humedad relativa del aire, fuerte insolación o viento.

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**

Antes de transcurrir una hora (1 h) desde la terminación, se procederá a la aplicación de un ligante bituminoso del tipo y en la cantidad que figure en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o que, en su defecto, señale el Director de las Obras, observando las prescripciones relativas al artículo 532 de este Pliego.

El hormigón magro también podrá curarse 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 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.

#### 551.6 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 cincuenta metros (50 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**

La superficie acabada no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) cuando se compruebe con una regla de 3 metros (3 m), aplicada tanto en dirección paralela como normal al eje de la vía.

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)**

<b>PORCENTAJE DE HECTOMETROS</b>	<b>IRI (dm/hm)</b>
50	<2,5
80	<3,0
100	<3,5

## **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 rebase 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 filmógeno de curado, si se emplea este método.

El tráfico pesado 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 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 del PG-3 (2004).

##### **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 dos (2) 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 del PG-3 (2004).

#### **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 una vez al día:

- 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 vez a la semana, o siempre que cambie el suministro de una procedencia aprobada:

- Índice de lascas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.

Al menos una 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.

### **551.9.3 Control de ejecución**

#### **551.9.3.1 Fabricación**

Se tomará diariamente al menos una muestra de la mezcla de áridos, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1. Al menos una 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 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 vías con tráfico pesado y muy pesado, 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.

#### **551.9.3.2 Puesta en obra**

Se anotarán la temperatura y la humedad relativa del ambiente de una estación próxima, para tener en cuenta las limitaciones del apartado 551.8.

Al menos una vez 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 a 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, 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 regla de tres metros (3 m) y 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 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 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 REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

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.



## **560 ADOQUINADOS DE HORMIGÓN**



## 560 ADOQUINADOS DE HORMIGÓN

### 560.1 DEFINICION

Los adoquinados de hormigón están constituidos por los adoquines propiamente dichos, colocados sobre una capa de arena de escaso espesor (unos tres [3] centímetros) cuidadosamente nivelada, que se apoya sobre una base.

La ejecución del pavimento de adoquines incluye las siguientes operaciones:

- ejecución de los bordes de confinamiento
- extensión y nivelación de la capa de arena.
- colocación de los adoquines.
- vibrado del pavimento.

### 560.2. MATERIALES

#### *560.2.1 Adoquines*

##### 560.2.1.1 Definición

Los adoquines son piezas prismáticas prefabricadas de hormigón y, en general, con una geometría tal que permite el ensamblaje con otras piezas idénticas para obtener una superficie continua.

##### 560.2.1.2 Condiciones generales

El adoquín de hormigón se elabora industrialmente por vibrocompresión de hormigones muy secos. con las ventajas inherentes a un proceso de este tipo: regularidad de las características del producto final, diversidad de formas y textura superficial, etc.

Estas propiedades diferencian notablemente los resultados que pueden obtenerse con este producto respecto a los adoquines de piedra labrada, en relación a la regularidad superficial, comodidad de circulación, coste, etc.

En las superficies que imitan un adoquín pueden distinguirse las siguientes:

- cara superior: es la vista por el usuario del pavimento. Debe presentar características adecuadas de durabilidad, adherencia y apariencia estética. En los denominados adoquines bicapa la consecución de las mismas se optimiza variando la composición del hormigón con que se fabrica el

adoquín en una capa superior de unos cinco (5) a diez (10) milímetros de espesor.

- cara inferior: en contacto con la capa de arena de asiento.
- caras laterales: en ocasiones están provistas de separadores, que son unas protuberancias verticales que permiten garantizar la consecución de una separación entre adoquines adecuada (en torno a los tres [3] milímetros).

Por otra parte, para facilitar el manejo del adoquín por parte del operario encargado de su colocación, se podrán biselar las aristas de intersección de la cara superior con las verticales. Con los biseles se disminuye además la aparición de desportillados en los adoquines como consecuencia de golpes o impactos, y se facilita la identificación de la cara vista.

Finalmente, hay que indicar que las caras superiores de los adoquines no han de presentar defectos tales como grietas, de laminaciones o exfoliaciones.

En el caso de adoquines bicapa no deben producirse separaciones entre las capas.

#### 560.2.1.3 Forma y dimensiones

La forma y dimensiones de los adoquines serán las señaladas en los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Por razones prácticas el tamaño y peso de los adoquines deben permitir su manipulación con una sola mano, recomendándose las siguientes relaciones:

$$1,5 < \text{longitud} / \text{ancho} < 2,5$$
$$8 \text{ cm} < \text{ancho} < 11,5 \text{ cm}$$

Ya se ha mencionado que el cociente entre la longitud y el espesor ha de ser menor o igual que cuatro (4).

El espesor viene condicionado por las características del tráfico, variando habitualmente entre ocho (8) y diez (10) centímetros.

Con estas dimensiones, el peso del adoquín oscila habitualmente entre tres (3) y siete (7) kilogramos por pieza.

Como tolerancias en las dimensiones respecto al valor nominal, la Norma UNE 127015 admite las indicadas en la tabla 560.1.

Dicha Norma limita también las diferencias máximas entre las medidas de dos diagonales de un adoquín rectangular, así como las desviaciones máximas de planeidad y curvatura de las caras vistas destinadas a ser planas.

**TABLA 560.1 TOLERANCIAS ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN (NORMA UNE 127015:2001)**

Espesor del adoquín (mm)	Longitud (mm)	Ancho(mm)	Espesor (mm)
<100	±2	±2	±3
≥100	±3	±3	±4

La diferencia máxima entre dos medidas cualesquiera de la longitud, ancho y espesor sobre un adoquín no será superior o igual que tres (3) milímetros.

Los ángulos de fractura presentarán aristas vivas.

#### 560.2.1.4 Calidad

Debido a los condicionantes de resistencia y funcionalidad que debe cumplir el pavimento, los adoquines de hormigón han de poseer unas determinadas propiedades físicas y mecánicas.

En concreto, se pueden distinguir tres grupos de características a exigir:

- Resistencia mecánica. Los adoquines deben poder soportar las cargas generadas por el tráfico sin romperse. Para ello, la Norma UNE 127015 especifica la realización de ensayos de tracción indirecta. El valor medio de la resistencia a rotura no ha de ser inferior a tres con seis (3,6) megapascales, sin que se obtengan valores individuales inferiores a dos con nueve (2,9) megapascales.
- Resistencia a la abrasión. El pavimento debe cumplir unas condiciones de funcionalidad, permitiendo una circulación cómoda y segura. Debe garantizarse que, a lo largo de la vida útil del firme, se mantenga una superficie uniforme y no deslizante, para lo cual se exige al adoquín una cierta resistencia al desgaste. Ésta última se evalúa sometiendo al adoquín a la acción de un disco de acero giratorio que presiona contra la pieza a ensayar, mientras que entre ambos se hace pasar un flujo de material abrasivo (corindón). Cuanto mayor sea la resistencia al desgaste del

adoquín, la longitud de la huella provocada por el disco será más reducida. Según los resultados del ensayo, los adoquines se clasifican de acuerdo con los criterios de la tabla 560.2.

- Resistencia al deslizamiento/resbalamiento. Los adoquines presentan una resistencia satisfactoria al deslizamiento/resbalamiento siempre y cuando no hayan sido sometidos a tratamientos secundarios tales como rectificado y/o pulido, para producir una superficie lisa. En caso de requerirse que se compruebe dicha resistencia, se utiliza el péndulo de fricción, debiendo obtenerse un valor igual o superior a cuarenta y cinco (45).
- Resistencia a las heladas. Se evalúa de forma indirecta mediante un ensayo de absorción de agua. Se acepta que los adoquines presentan una impermeabilidad al agua suficiente, y que, además, son resistentes a las heladas si no se obtiene una absorción superior al seis por ciento (6%).

**TABLA 560.2 CLASES DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE LOS ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN (NORMA UNE 127015:2001)**

CLASE	REQUISITOS
1	Sin requisitos
2	$\leq 23$ mm
3	$\leq 20$ mm

Los adoquines de las vías urbanas sometidas a tráfico muy pesado y pesado serán de clase 3.

### ***560.2.2 Capa de nivelación***

Su objetivo fundamental es servir de apoyo de los adoquines, permitiendo una correcta compactación y nivelación de los mismos. También puede desempeñar una cierta misión drenante, especialmente en el caso de disponer en el firme una capa de base de hormigón magro, como sucede con tráfico muy pesado y pesado.

Se ha comprobado que el espesor de la capa de arena influye en la funcionalidad del pavimento, y más en concreto, en la magnitud de las deformaciones permanentes provocadas por el tráfico.

El espesor final será de tres (3) centímetros para esta capa, una vez colocados los adoquines y vibrado el pavimento, por lo cual, el espesor de

arena a colocar variará entre cuatro (4) y cinco (5) centímetros no compactados.

El contenido máximo de materia orgánica y arcilla debe ser inferior al tres por ciento (3 %), con una proporción reducida de finos en su granulometría (tabla 560.3).

Su friabilidad debe ser inferior a cuarenta (40), determinada con arreglo al método de ensayo modificado en la UNE-EN 1097-1-1997. De esta forma se garantiza la inalterabilidad de la capa evitando que se produzcan finos por atrición de la misma como consecuencia del efecto combinado del agua y de las cargas de tráfico, los cuales pueden ser bombeados luego a través de las juntas, provocando el descalce de los adoquines.

La calidad de esta capa repercute notablemente en el comportamiento global del pavimento, por lo que se tendrá especial cuidado en la selección del material y en su proceso de puesta en obra. Entre otros factores, debe controlarse la regularidad superficial de la capa y su homogeneidad en propiedades físicas.

En algunas circunstancias especiales (pendientes fuertes, presencia de agua, limpiezas frecuentes del pavimento con agua a presión, etc) favoreciendo el deslavado de los finos de la arena, puede ser interesante incorporar cemento a la misma, sin aporte de agua, en una proporción del orden de unos ciento cincuenta kilogramos por metro cúbico (150 kg/m<sup>3</sup>).

Para tráfico muy pesado y pesado, la capa de nivelación se complementará con unos dispositivos de drenaje adecuados que faciliten la evacuación del agua infiltrada en ella, debido a que en estos tráfico la base es impermeable (hormigón magro).

**TABLA 560.3 HUSO GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA DE LA CAPA DE NIVELACIÓN**

Límites (mm)	Material retenido acumulado, en % en peso, en los tamices UNE-EN 933-2 (mm)						
	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
Superior	100	95	80	55	25	15	10
Inferior	90	75	45	20	10	5	0

### ***560.2.3 Arena de sellado***

Se trata de una arena fina que ocupa el espacio que queda entre los adoquines, ayudando a confinarlos lateralmente y a transmitir las cargas verticales entre los mismos. Su papel en la resistencia y comportamiento del conjunto es, por lo tanto, fundamental. Aparte de estas funciones básicas, el relleno de las juntas proporciona cierta impermeabilidad al pavimento disminuyendo la infiltración de agua.

Su tamaño máximo debe ser de uno con veinticinco (1,25) milímetros, con un máximo de un ocho o diez por ciento (8 - 10 %) en peso de material que pase por el tamiz 0,063 mm. La arena estará seca en el momento de la colocación.

### ***560.2.4 Bordes de confinamiento***

Los pavimentos de adoquines de hormigón requieren obligatoriamente un confinamiento lateral en todo su perímetro para evitar el desplazamiento de las piezas, la apertura de las juntas y la consiguiente pérdida de trabazón entre los adoquines.

Debe tener una profundidad por lo menos de quince (15) centímetros por debajo de los adoquines, pudiéndose utilizar los bordillos, cunetas de hormigón, u otro pavimento, en caso de que se reemplace sólo una parte del mismo.

Es indispensable que este elemento esté colocado antes de la puesta en servicio del pavimento.

## **560.3 EJECUCION DE LAS OBRAS**

La ejecución de la base se llevará a efecto de acuerdo con lo especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y serán de aplicación las prescripciones que se señalan en los correspondientes artículos de los materiales destinados a tal fin: la zahorra artificial (Art. 510) y hormigón magro (Art. 551), del presente Pliego.

Tras la ejecución de la base de hormigón magro o zahorra artificial según la categoría de tráfico pesado, se realizarán los bordes de confinamiento.

Este elemento debe construirse antes del propio adoquinado; si se elige la opción de construirlo después, deben limitarse las cargas sobre el pavimento en un margen de, aproximadamente, un metro contado desde el extremo sin confinar. En este caso, antes de construir el borde, se comprobará el correcto

estado de los adoquines extremos, procediendo a colocarlos de nuevo en caso necesario.

El borde de confinamiento debe apoyarse, como mínimo, quince (15) centímetros por debajo del nivel inferior de los adoquines, para poder garantizar la fijación deseada.

Tras este proceso se extenderá y se nivelará la capa de arena. Ésta debe depositarse cuidadosamente, con la idea de conseguir una capa uniforme en cuanto a comportamiento y, en consecuencia en espesor, ya que no se compacta hasta una vez colocados los adoquines. Para ello, puede utilizarse una maestra de nivelación con guías longitudinales.

No debe pisarse la arena ya nivelada, por lo que la colocación de los adoquines se realiza desde el pavimento terminado. Se extenderá la arena en tramos no muy extensos, siendo éstos de tres o cuatro (3 ó 4) metros.

El espesor final de esta capa, una vez colocados los adoquines y vibrado el pavimento, debe estar comprendido entre tres y cuatro (3 y 4) centímetros.

Seguidamente se colocarán los adoquines de forma manual. Ésta operación se realizará sin ningún tipo de conglomerante en las juntas. Éstas deben rellenarse con arena. Su ancho debe oscilar entre dos (2) y tres (3) milímetros.

El ajuste entre los adoquines y los bordes de confinamiento se hace con fragmentos de adoquín cortados con guillotina o sierra. Si la distancia entre el adoquín y dicho borde es inferior a cuatro (4) centímetros, el hueco correspondiente se rellena con mortero con cuatro (4) partes de arena y una parte de cemento.

En caso de existir elementos en el interior del área a pavimentar, como pozos de registro o alcorques, los ajustes de los adoquines se hacen de igual forma que con los bordes de confinamiento.

Una vez terminada la colocación de los adoquines en una zona que deba ser utilizada (cargas de obra), o cuando se vaya a suspender el trabajo, es necesario llevar a cabo la compactación de la superficie construida. Para ello se utilizan normalmente bandejas vibrantes.

En el caso de que por el avance de la puesta en obra se esté compactando una zona no confinada lateralmente, esta operación deberá realizarse tan sólo hasta un metro de dicho límite, para que los adoquines finales no se desplacen de su posición.

Tras vibrar el pavimento se procederá al sellado con arena. Esta labor es especialmente importante para garantizar el buen comportamiento del pavimento de adoquines.

Se realiza extendiendo sobre la superficie del pavimento una arena fina, que además debe estar seca en el momento de la colocación. Posteriormente, con una escoba dura o con un cepillo, se barre para que la arena entre por los espacios dejados entre adoquín y adoquín, a la vez que se realiza un vibrado final que asegure un llenado mejor de las juntas. La arena sobrante sobre el pavimento debe retirarse mediante un barrido y no por lavado con agua.

No debe terminarse la jornada sin completar el vibrado y sellado del pavimento realizado, pues la lluvia podría dañarlo. Una vez terminada a labor de colocación de la arena de sellado, y si existen los bordes de confinamiento necesarios, puede permitirse el paso de vehículos inmediatamente.

#### **560.4 TOLERANCIAS DE LA SUPERFICIE ACABADA**

Dispuestas referencias, niveladas hasta milímetros (mm) con arreglo a los Planos, en el eje y bordes de perfiles transversales, cuya distancia no exceda de diez metros (10 m), se comparará la superficie acabada con la teórica que pase por dichas referencias.

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en más de doce milímetros (12 mm).

La superficie acabada no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) cuando se comprueba con una regla de tres metros (3 m), aplicada tanto paralela como normalmente al eje de la carretera, sobre todo en las inmediaciones de las juntas.

Las zonas en que no se cumplan las tolerancias antedichas, o que retengan agua sobre la superficie, deberán corregirse de acuerdo con lo que, sobre el particular, ordene el Director de las obras.

#### **560.5 LIMITACIONES DE LA EJECUCION**

Regirán las reseñadas en los artículos: 510 (zahorra artificial) y 551 (hormigón magro) en la ejecución de la base del pavimento de adoquín.

## **560.6 MEDICION Y ABONO**

Los adoquinados se abonarán por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de superficie de pavimento realmente ejecutados, medidos en el terreno.

### **NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

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 127015:2001 Tolerancias de los adoquines prefabricados.

UNE-EN 1097-1-997 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste.

