

---

## **MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO SMA**

### **544.1 DEFINICIÓN**

Se define como mezcla bituminosa tipo SMA la combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos —con bajas proporciones de árido fino y discontinuidad granulométrica en los tamaños intermedios del árido grueso—, polvo mineral y aditivo estabilizante, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una gruesa película homogénea de ligante, cuyo proceso de fabricación y puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la del ambiente.

En función de la temperatura necesaria para su fabricación y puesta en obra las mezclas bituminosas tipo SMA se clasifican en calientes y semicalientes. En estas últimas, el empleo de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos, permiten disminuir la temperatura mínima de mezclado en, al menos, cuarenta grados Celsius (40°C) respecto a la mezcla equivalente, pudiendo emplearse en las mismas condiciones que aquéllas en las categorías de tráfico pesado T1 a T4.

Las mezclas bituminosas tipo SMA se caracterizan por poseer una gran cantidad de árido grueso, una elevada proporción de ligante y de polvo mineral, una baja cantidad de árido de tamaño intermedio y una pequeña cantidad de aditivo estabilizante.

La ejecución de este tipo de mezcla bituminosa incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Transporte al lugar de empleo.
- Preparación de la superficie que va a recibir la mezcla.
- Extensión y compactación de la mezcla.

## **544.2 MATERIALES**

### **544.2.1 Consideraciones generales**

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011, de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la responsabilidad sobre la conformidad de aquéllos con las prestaciones declaradas, de acuerdo con el artículo 11 del mencionado Reglamento.

Los productos que tengan el marcado CE deberán ir acompañados, además de dicho marcado, de la Declaración de Prestaciones, y de las instrucciones e información de seguridad del producto. Por su parte, el Contratista de la Obra (en lo sucesivo, el Contratista) deberá verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE son conformes con las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG-3 (en lo sucesivo PG-3), debiendo adoptar, en el caso de que existan indicios de incumplimiento de las especificaciones declaradas, todas aquellas medidas que considere oportunas para garantizar la idoneidad del producto suministrado a la obra.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de la construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados.

### **544.2.2 Ligantes hidrocarbonados**

Salvo justificación en contrario, el ligante hidrocarbonado deberá cumplir las especificaciones de los artículos 211 y 212 del PG-3 o, en su caso, la reglamentación específica vigente de la Dirección General de Carreteras relativa a betunes como, por ejemplo, con incorporación de caucho.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear, que se seleccionará entre los que se indican en la tabla 544.1, en función de la capa a que se destine la mezcla bituminosa y de la categoría de tráfico pesado definidas en las vigentes Norma 6.1 IC Secciones de firme o en la Norma 6.3 IC Rehabilitación de firmes.

Según lo dispuesto en el apartado 10.4 del Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022, aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de 6 de noviembre de 2015, se fomentará el uso de polvo de caucho procedente de neumáticos al final de

su vida útil en la fabricación de mezclas bituminosas para pavimentos de carreteras, promoviendo el establecimiento de porcentajes mínimos de uso.

En el caso de que se empleen betunes o aditivos especiales para mezclas bituminosas semicalientes, con objeto de reducir la temperatura de fabricación, extendido y compactación, el Contratista deberá informar de ello al Director de la Obra y aportar la documentación técnica que avale su empleo y que demuestre que su comportamiento a largo plazo no resulta afectado significativamente por el uso de estos aditivos especiales.

**TABLA 544.1 - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR (\*)**

(Artículos 211 y 212 del PG-3, y reglamentación específica vigente de la DGC)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00 y T0	T1	T2 (**) y T31	T32 y ARGENES	T4
<b>RODADURA</b>	PMB 45/80-75 PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 35/50 50/70 BC 35/50 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70	
<b>INTERMEDIA</b>	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60 35/50 50/70 BC35/50 BC50/70	PMB 45/80-60 35/50 50/70 BC35/50 BC50/70	35/50 50/70 BC50/70	50/70 BC50/70	—

(\*) Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 del PG-3. En ese caso, a la denominación del betún se le añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el principal agente modificador es polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos al final de su vida útil.

En aplicaciones específica en las que se requiera una resistencia muy alta a la fisuración por reflexión de grietas de capas inferiores del firme se podrán emplear betunes modificados de alta viscosidad con caucho.

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 del PG-3.

(\*\*) Para tráfico T2 se emplearán betunes modificados en autovías o cuando la IMD sea superior a 5 000 vehículos por día y carril.

En el caso de utilizar betunes con adiciones no incluidos en los artículos 211 o 212 del PG-3, o en la reglamentación específica vigente de la Dirección General de Carreteras relativa a betunes con incorporación de caucho, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra, establecerá el tipo de adición y las especificaciones que deberán cumplir, tanto el ligante como las mezclas bituminosas resultantes. Dichas especificaciones incluirán la dosificación y el método de dispersión de la adición.

### 544.2.3 Áridos

#### 544.2.3.1 Características generales

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas tipo SMA podrán ser de origen natural o artificial (como, por ejemplo, las escorias siderúrgicas) siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo.

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en frío en las tolvas de la central de fabricación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra, podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriesen.

Antes de pasar por el secador de la central de fabricación, el equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) para la fracción 0/4 mm ( $SE_4$ ) del árido combinado (incluido el polvo mineral procedente de los áridos), de acuerdo con las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, deberá ser superior a cincuenta y cinco ( $SE_4 > 55$ ) o, en caso de no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9) para la fracción 0/0,125 mm del árido combinado deberá ser inferior a siete gramos por kilogramo ( $MB_F < 7$  g/kg) y , simultáneamente, el equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) deberá ser superior a cuarenta y cinco ( $SE_4 > 45$ ).

Los áridos no serán susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Se debe garantizar tanto la durabilidad a largo plazo, como que no puedan dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua superficiales o subterráneas. Por ello, en materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, deberá hacerse un estudio especial sobre su aptitud para ser empleados.

#### 544.2.3.2 Árido grueso

##### 544.2.3.2.1 Definición

A efectos de aplicación de este artículo, se define como árido grueso la parte del árido total retenida en el tamiz 2 mm (norma UNE-EN 933-2).

### 544.2.3.2.2 Procedencia

El árido grueso para capas de rodadura será de una única procedencia y naturaleza.

En caso de que en capas intermedias se empleen áridos de distintas procedencias, cada una de ellas deberá cumplir las prescripciones establecidas en el epígrafe 544.2.3.2.

Los áridos gruesos a emplear en capas de rodadura para categorías de tráfico pesado T00 a T1 no provendrán de canteras de naturaleza caliza, ni podrán fabricarse por trituración de gravas procedentes de yacimientos granulares.

En el caso de que se emplee árido grueso procedente de la trituración de grava natural, y para las capas de rodadura de la categoría de tráfico pesado T2, se cumplirá la condición de que el tamaño de las partículas, antes de su trituración, deberá ser superior a seis ( $> 6$ ) veces el tamaño máximo del árido que se desee obtener.

Si en el árido grueso se apreciaran partículas meteorizadas o con distintos grados de alteración, su proporción en masa no será nunca superior al cinco por ciento ( $\neq 5\%$ ). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de la Obra podrán establecer un valor inferior al indicado.

En capas de rodadura de carreteras sometidas durante el invierno a heladas o frecuentes tratamientos de vialidad invernal, si el valor de la absorción (norma UNE-EN 1097-6) es superior al uno por ciento ( $> 1\%$ ), el valor del ensayo de sulfato de magnesio (norma UNE-EN 1367-2) deberá ser inferior a quince por ciento ( $MS < 15\%$ ).

### 544.2.3.2.3 Angulosidad (porcentaje de caras de fractura)

La proporción de partículas total y parcialmente trituradas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5) deberá cumplir lo fijado en la tabla 544.2.a.

**TABLA 544.2.a - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS (% en masa)**

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T00 a T31	T32 y ARCENES	T4
100	$\geq 90$	$\geq 70$

Adicionalmente, la proporción de partículas totalmente redondeadas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5) deberá cumplir lo fijado en la tabla 544.2.b.

**TABLA 544.2.b - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS (% en masa)**

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T00 a T31	T32 y ARCENES	T4
0	≤ 1	≤ 10

**544.2.3.2.4 Forma (índice de lajas)**

El índice de lajas (FI) de las distintas fracciones del árido grueso (norma UNE-EN 933-3) deberá cumplir lo fijado en la tabla 544.3.

**TABLA 544.3 - ÍNDICE DE LAJAS (FI)**

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T00 a T31	T32, T4 y ARCENES
≤ 20	≤ 25

**544.2.3.2.5 Resistencia a la fragmentación (coeficiente de Los Ángeles)**

El coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2), deberá cumplir lo fijado en la tabla 544.4.

**TABLA 544.4 - COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES (LA)**

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T00 y T0	T1 y T2	T3, T4 y ARCENES
RODADURA	≤ 15	≤ 20	≤ 25
INTERMEDIA	≤ 25		

**544.2.3.2.6 Resistencia al pulimento (coeficiente de pulimento acelerado)**

El coeficiente de pulimento acelerado (PSV) del árido grueso a emplear en capas de rodadura (norma UNE-EN 1097-8) deberá cumplir lo fijado en la tabla 544.5.

**TABLA 544.5- COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO (PSV) PARA CAPAS DE RODADURA**

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T00 y T0	T1 a T31	T32, T4 y ARCENES
≥ 56	≥ 50	≥ 44

#### **544.2.3.2.7 Limpieza (contenido de impurezas)**

El árido grueso deberá estar exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa. El contenido de finos del árido grueso (norma UNE-EN 933-1), determinado como el porcentaje que pasa por el tamiz 0,063 mm, será inferior al cinco por mil (< 5 ‰) en masa.

En el caso de que no se cumplan las prescripciones establecidas respecto a la limpieza del árido grueso, el Director de la Obra deberá exigir su lavado, aspiración u otros métodos previamente aprobados, y una nueva comprobación.

#### **544.2.3.3 Árido fino**

##### **544.2.3.3.1 Definición**

A efectos de aplicación de este artículo, se define como árido fino la parte del árido total cernida por el tamiz 2 mm y retenida por el tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2).

##### **544.2.3.3.2 Procedencia**

En general, el árido fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o grava natural.

Únicamente en capas intermedias para categorías de tráfico pesado T3, T4 y arcenes, se podrá emplear en parte arena natural no triturada, y en ese caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra, deberá señalar la proporción máxima en la mezcla, la cual no será superior al diez por ciento ( $\nless 10\%$ ) de la masa total del árido combinado, ni superará el porcentaje de árido fino triturado.

Para capas de rodadura será preceptivo emplear una fracción 0/2 mm con un porcentaje retenido por el tamiz 2 mm no superior al diez por ciento ( $\nless 10\%$ ) del total de la fracción, con el fin de asegurar una granulometría bien adaptada al huso granulométrico de la mezcla, así como evitar la existencia de partículas de tamaño superior a 2 mm que no cumplan las características exigidas en el epígrafe 544.2.3.2, en el caso de que se emplee árido fino de distinta procedencia que el grueso.

##### **544.2.3.3.3 Limpieza**

El árido fino deberá estar exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

#### **544.2.3.3.4 Resistencia a la fragmentación**

El material que se triture para obtener árido fino deberá cumplir las condiciones exigidas al árido grueso en el epígrafe 544.2.3.2.5 sobre el coeficiente de Los Ángeles (LA).

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 ( $LA < 25$ ).

#### **544.2.3.4 Polvo mineral**

##### **544.2.3.4.1 Definición**

Se define como polvo mineral a la parte del árido total cuya mayor parte pasa por el tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2).

##### **544.2.3.4.2 Procedencia**

El polvo mineral podrá ser un producto comercial o especialmente preparado, en cuyo caso se denomina “de aportación”.

El polvo mineral puede ser natural y proceder de los propios áridos empleados en la fabricación de la mezcla, en cuyo caso deberá separarse de ellos el existente en exceso, por medio de los preceptivos sistemas de extracción de la central de fabricación.

Únicamente podrán emplearse como polvo mineral de aportación aquellos productos que estén en posesión del correspondiente marcado CE, de conformidad con la norma UNE-EN 13043.

Cuando se utilice cal hidratada (hidróxido cálcico) como polvo mineral de aportación se seguirán los criterios descritos en la norma UNE 41260-1 IN, debiendo estar en posesión del correspondiente marcado CE, de conformidad con la norma UNE-EN 13043.

La proporción del polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deberá cumplir lo fijado en la tabla 544.6. El Director de la Obra podrá modificar la proporción mínima de éste únicamente en el caso de que se comprobase que el polvo mineral procedente de los áridos cumple las condiciones exigidas.



Si el polvo mineral de los áridos fuese susceptible de contaminación o degradación deberá extraerse en su totalidad, salvo el que quede inevitablemente adherido a los áridos tras su paso por el secador, que en ningún caso podrá rebasar el dos por ciento ( $\nless 2\%$ ) de la masa de la mezcla.

**TABLA 544.6 - PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN**

(% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y ARCENES	T4
RODADURA	100			$\geq 50$	
INTERMEDIA	100		$\geq 50$		—

#### 544.2.3.4.3 Granulometría

La granulometría del polvo mineral se determinará según la norma UNE-EN 933-10. El cien por ciento (100%) de los resultados de los análisis granulométricos estarán comprendidos dentro del huso granulométrico general definido en la tabla 544.7.

Cuando se utilice cal hidratada (hidróxido cálcico) como polvo mineral de aportación se seguirán los criterios descritos en la norma UNE 41260-1 IN.

Adicionalmente, el noventa por ciento (90%) de los resultados de los análisis granulométricos basados en los últimos veinte (20) valores obtenidos, quedarán incluidos dentro de un huso granulométrico restringido, cuya amplitud máxima en los tamices correspondientes a 0,125 mm y 0,063 mm no superará el diez por ciento ( $\nless 10\%$ ).

**TABLA 544.7 – ESPECIFICACIONES PARA LA GRANULOMETRIA**

ABERTURA DEL TAMIZ (mm)	HUSO GRANULOMÉTRICO GENERAL PARA RESULTADOS INDIVIDUALES CERNIDO ACUMULADO (% en masa)	AMPLITUD MÁXIMA DEL HUSO RESTRINGIDO (% en masa)
2	100	—
0,125	85 a 100	10
0,063	70 a 100	10

#### 544.2.3.4.4 Finura y actividad

La densidad aparente del polvo mineral (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3) deberá estar comprendida entre cinco y ocho décimas de gramo por centímetro cúbico

(0,5 a 0,8 g/cm<sup>3</sup>), salvo en aquellos casos en que se utilice hidróxido cálcico como polvo mineral de aportación.

#### 544.2.4 Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra, fijará los aditivos que puedan utilizarse, estableciendo las especificaciones que tendrán que cumplir tanto el aditivo como las mezclas bituminosas resultantes. Los métodos de incorporación, dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobados por el Director de la Obra.

Para evitar problemas de segregación por el escurrimiento del ligante durante el almacenamiento, transporte y extendido de la mezcla bituminosa tipo SMA será preceptiva la incorporación de aditivos estabilizantes.

Como tales podrán emplearse fibras orgánicas o minerales granuladas, recubiertas con ceras o betún. El Director de la Obra podrá autorizar el empleo de otro tipo de aditivos, como polímeros, polvo de caucho, sílices precipitadas, etc.

La utilización de cualquiera de los aditivos anteriormente mencionados requerirá el cumplimiento de los requisitos establecidos para los materiales constituyentes de la norma UNE-EN 13108-5.

El método de incorporación, que deberá asegurar una dosificación y dispersión homogénea del aditivo, será aprobado por el Director de la Obra a la vista de los resultados que presente el Contratista.

El contenido de aditivo estabilizante se determinará mediante el ensayo de escurrimiento recogido en la norma UNE-EN 12697-18, según el método del vaso de precipitados, para cumplir lo especificado en el epígrafe 544.5.1.5. En el caso de utilizar fibras, su contenido en masa no será inferior al tres por mil ( $\nless 3\%$ ).

#### 544.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

La designación de las mezclas bituminosas tipo SMA, según la nomenclatura establecida en la norma UNE-EN 13108-5, se complementará con la información correspondiente a la capa en la que irá situada siguiendo el siguiente esquema:

SMA	D	surf/bin	ligante
-----	---	----------	---------

donde:

<i>SMA</i>	indicación relativa al tipo de mezcla bituminosa.
<i>D</i>	tamaño máximo del árido, expresado como la abertura del tamiz que deja pasar entre un noventa y un cien por ciento (90% y 100%) del total del árido.
<i>surf/bin</i>	abreviatura relativa al tipo de capa de empleo de la mezcla, rodadura o intermedia, respectivamente.
<i>Ligante</i>	tipo de ligante hidrocarbonado utilizado.

Cuando la mezcla bituminosa sea semicaliente se añadirá esta palabra al final de la designación 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 544.8. El análisis granulométrico se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 933-1.

**TABLA 544.8 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)**

TIPO DE MEZCLA (*)	ABERTURA DE LOS TAMICES. NORMA UNE-EN 933-2 (mm)							
	22	16	11,2	8	4	2	0,5	0,063
<b>SMA 8</b>	—	—	100	90-100	30-45	25-35	12-22	7-9
<b>SMA 11</b>	—	100	90-100	55-80	22-33	20-30	12-20	6-10
<b>SMA 16</b>	100	90-100	55-80	35-55	17-35	15-25	10-18	6-10

(\*) A efectos de esta tabla, para designar el tipo de mezcla, se incluye solo la parte de la nomenclatura que se refiere expresamente al huso granulométrico (se omite por tanto la indicación de la capa de firme y del tipo de ligante).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de mezcla bituminosa a emplear en función del tipo y del espesor de la capa del firme, así como la dotación mínima de ligante hidrocarbonado que, en cualquier caso, deberá cumplir lo indicado en la tabla 544.9.

**TABLA 544.9 - TIPO, COMPOSICIÓN Y DOTACIÓN DE LA MEZCLA**

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)	DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE (%) (*)
Rodadura	SMA 8 surf	2-4	6,0
	SMA 11 surf	3-5	5,8
	<b>SMA 16 surf</b>	<b>4-6</b>	
Intermedia	SMA 16 bin	5-9	5,6

(\*) Porcentaje en masa sobre el total de la mezcla bituminosa, incluido el polvo mineral.

En el caso de que la densidad de los áridos (norma UNE-EN 1097-6), sea diferente de dos gramos y sesenta y cinco centésimas de gramo por centímetro cúbico (2,65 g/cm<sup>3</sup>), los contenidos mínimos de ligante de la tabla 544.9 se deberán corregir

multiplicando por el factor  $\alpha = 2,65/\rho_d$ , donde  $\rho_d$  es la densidad de las partículas de árido.

Salvo justificación en contrario, la relación ponderal recomendable entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado (expresados ambos respecto de la masa total de árido seco, incluido el polvo mineral) determinada en la fórmula de trabajo, según el tipo de mezcla, deberá estar comprendida entre doce y dieciséis décimas (1,2 a 1,6).

#### **544.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA**

##### **544.4.1 Consideraciones generales**

Cuando sea necesario aplicar un tratamiento antiadherente a los equipos de fabricación, transporte, extendido o compactación, este consistirá en general en una solución jabonosa, un agente tensoactivo u otros productos sancionados por la experiencia, que garanticen que no son perjudiciales para la mezcla bituminosa ni para el medioambiente, debiendo ser previamente aprobados por el Director de la Obra. No se permitirá en ningún caso el empleo de productos derivados de la destilación del petróleo.

No se podrá utilizar en la ejecución de una mezcla bituminosa ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por el Director de la Obra.

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 la Obra.

##### **544.4.2 Central de fabricación**

Lo dispuesto en este epígrafe se entenderá sin perjuicio de lo establecido en la norma UNE-EN 13108-5 para el mercado CE.

Las mezclas bituminosas se fabricarán mediante centrales capaces de manejar simultáneamente, en frío, el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará la producción horaria mínima de la central, en función de las características y necesidades mínimas de consumo de la obra.

El número mínimo de tolvas para áridos en frío será función del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero, en todo caso, no será inferior a tres ( $\neq 3$ ).

En centrales de mezcla continua con tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación será ponderal, al menos para la arena y para el conjunto de los áridos, y tendrá en cuenta la humedad de éstos para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de central para la fabricación de mezclas para las categorías de tráfico pesado T00 a T2 también será preceptivo disponer de sistemas ponderales de dosificación en frío.

La central tendrá sistemas separados de almacenamiento y dosificación del polvo mineral recuperado y de aportación, los cuales serán independientes de los correspondientes al resto de los áridos y estarán protegidos de la humedad.

Las centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador, estarán 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 ( $\neq 3$ ), y de silos para almacenarlos.

Las centrales de mezcla discontinua estarán provistas en cualquier circunstancia de dosificadores ponderales independientes: al menos uno (1) para los áridos calientes, cuya precisión sea superior al cinco por mil ( $\pm 5 \text{‰}$ ), y al menos uno (1) para el polvo mineral y uno (1) para el ligante hidrocarbonado, cuya precisión sea superior al tres por mil ( $\pm 3 \text{‰}$ ).

La central deberá disponer de dispositivos capaces de dosificar con homogeneidad y precisión suficiente, a juicio del Director de la Obra, los aditivos que esté previsto incorporar a la mezcla, en base a los datos de control de producción suministrados por el Contratista y de la inspección de las instalaciones, en su caso.

Salvo justificación en contrario, los aditivos estabilizantes se incorporarán directamente al mezclador. En cualquier caso, su forma de dosificación e incorporación a la mezcla, tiempo de amasado, dispersión, etc. deberá realizarse de conformidad con las indicaciones facilitadas por el fabricante del aditivo utilizado.

#### **544.4.3 Elementos de transporte**

La mezcla bituminosa se transportará al lugar de empleo en camiones de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia y tratada para evitar que la mezcla se adhiera a ella. Dichos camiones deberán estar siempre provistos de una lona o cobertor adecuado para proteger la mezcla bituminosa durante su transporte.

La forma y altura de la caja de los camiones deberá ser tal que, durante el vertido en la extendidora, cuando ésta no disponga de elementos de transferencia de carga, 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 de fabricación y del equipo de extensión, y la distancia entre ésta y la zona de extensión.

A la vista de las condiciones climáticas que rodeen la puesta en obra, de los tiempos de transporte y espera, especialmente cuando sean superiores a una hora (> 1 h) y/o la elevada viscosidad del ligante utilizado el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de la Obra podrá exigir que las cajas de los camiones dispongan de aislamiento térmico y de puntos de control de la temperatura de la mezcla uniformemente repartidos en sus laterales, en un número total no inferior a cuatro ( $\neq$  4).

#### **544.4.4 Equipo de extensión**

Las extendedoras serán autopropulsadas y estarán dotadas de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la mezcla bituminosa con la configuración deseada y un mínimo de precompactación, que será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de la Obra. La capacidad de sus elementos, así como su potencia, serán adecuadas al trabajo a realizar.

La extendidora deberá estar dotada de un dispositivo automático de nivelación y de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal cuando ésta sea necesaria.

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.

Para las categorías de tráfico pesado T00 a T31, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de la Obra podrá exigir que delante de la extendidora se disponga un equipo de transferencia autopropulsado que, esencialmente, colabore a garantizar la homogeneización granulométrica y además permita la uniformidad térmica y de las características superficiales. Este requisito será, en cualquier caso, preceptivo para estas categorías de tráfico pesado cuando la superficie a extender sea superior a setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m<sup>2</sup>).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto el Director de la Obra, fijará las anchuras máxima y mínima de la extensión y la situación de las juntas longitudinales necesarias. Si a la extendidora se acoplaran piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las originales.

#### **544.4.5 Equipo de compactación**

El equipo de compactación para capas de rodadura tipo SMA 8 y SMA 11 estará formado, exclusivamente, por compactadores de rodillos metálicos. En los restantes casos, podrán emplearse también compactadores de neumáticos.

Los compactadores de rodillos metálicos 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.

La composición del equipo de compactación será aprobada por el Director de la Obra a la vista de los resultados del tramo de prueba.

Las presiones de contacto de los compactadores deberán ser las necesarias para conseguir la densidad 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, y serán aprobadas por el Director de la Obra a la vista de los resultados del tramo de prueba.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá especificar el empleo de compactadores equipados con sistemas infrarrojos de medición de la temperatura para controlar el plazo óptimo de compactación, así como de sistemas de control de la energía de compactación para evitar sobrecompactaciones de la mezcla.

### **544.5 EJECUCIÓN DE LA OBRA**

#### **544.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo**

##### **544.5.1.1 Principios generales**

La fabricación y puesta en obra de la mezcla no se iniciará hasta que se haya aprobado por el Director de la Obra la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación.

Dicha fórmula fijará como mínimo las siguientes características:

- Identificación y proporción de cada fracción del árido en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente.
- Granulometría de los áridos combinados, incluido el polvo mineral, por los tamices 22 mm; 16 mm; 11,2 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 0,500 mm y 0,063 mm de la norma UNE-EN 933-2 que correspondan para cada tipo de mezcla según la tabla 544.8, expresada en porcentaje del árido total con una aproximación del uno por ciento (1%), con excepción del tamiz 0,063 mm que se expresará con aproximación del uno por mil (1 ‰).
- Dosificación, en su caso, de polvo mineral de aportación, expresada en porcentaje del árido total con aproximación del uno por mil (1‰).
- Dosificación, en su caso, de polvo mineral de recuperación expresada en porcentaje del árido total con aproximación del uno por mil (1 ‰).
- Identificación y dosificación de ligante hidrocarbonado referida a la masa total de la mezcla (incluido el polvo mineral).
- Identificación y dosificación de aditivos al ligante, referida a la masa del ligante hidrocarbonado.
- En su caso, tipo y dotación de los aditivos a la mezcla bituminosa (en especial de los aditivos estabilizantes) referida a la masa de la mezcla total.
- Densidad mínima a alcanzar.

También se señalarán:

- Las prescripciones necesarias sobre la forma de incorporación y tiempo de mezclado del aditivo estabilizante para asegurar su completa dispersión en la mezcla. En el caso de aditivos sólidos o pulverulentos se indicará el tiempo de amasado en seco con los áridos antes de la incorporación del ligante.
- Los tiempos a exigir para la mezcla de los áridos en seco y para la mezcla de los áridos con el ligante.
- El tiempo estimado de amasada.
- 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 se fijará dentro del rango correspondiente a una viscosidad dinámica del betún (norma UNE-EN 13302) de doscientos cincuenta a cuatrocientos cincuenta centipoises (250-450 cP). Además, en el caso de betunes modificados con polímeros y/o caucho, betunes mejorados



con caucho o de betunes especiales para mezclas semicalientes, se tendrá en cuenta el rango recomendado por el fabricante en la temperatura de mezclado. El Director de la Obra podrá solicitar la curva de viscosidad del betún en función de la temperatura.

- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte y a la salida de la extendidora, no será inferior a ciento treinta y cinco grados Celsius ( $\neq 135$  °C), salvo en mezclas semicalientes o justificación en contrario.
- La temperatura mínima de la mezcla al iniciar y terminar la compactación.

Salvo justificación en contrario, por viscosidad del ligante o condiciones climáticas adversas, la temperatura máxima de la mezcla en caliente al salir del mezclador no será superior a ciento setenta grados Celsius ( $\neq 170$  °C), salvo en centrales de tambor secador-mezclador, en las que no excederá de los ciento cincuenta y cinco grados Celsius ( $\neq 155$  °C). En mezclas semicalientes la temperatura máxima al salir del mezclador no será superior a ciento cuarenta grados Celsius ( $\neq 140$  °C).

En todos los casos, la temperatura mínima de la mezcla al salir del mezclador será aprobada por el Director de la Obra, de forma que la temperatura de la mezcla en la descarga de los camiones sea superior al mínimo fijado. Caso de tener que superar esta temperatura por la elevada viscosidad del ligante y de la mezcla, ésta se justificará en base al diagrama viscosidad/temperatura del ligante facilitado por el fabricante de éste.

La dosificación de ligante hidrocarbonado en la fórmula de trabajo se fijará teniendo en cuenta los materiales disponibles, la experiencia obtenida en casos análogos y verificando que la mezcla obtenida en la central de fabricación cumple los criterios establecidos en este artículo (epígrafes 544.5.1.2 a 544.5.1.5).

El Contratista deberá entregar al Director de la Obra para su consideración y posible aceptación, las características de las mezclas respecto de las siguientes propiedades:

- Contenido de huecos (epígrafe 544.5.1.2.) y densidad aparente asociada a ese valor.
- Resistencia a la deformación permanente (epígrafe 544.5.1.3.).
- Sensibilidad al agua (epígrafe 544.5.1.4.).
- Escurrimiento del ligante (epígrafe 544.5.1.5.).

El suministrador del ligante deberá indicar la temperatura de referencia para la compactación de las probetas y para la fabricación, extendido y compactación de la mezcla.

En el caso de categorías de tráfico pesado T00 a T2, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra, podrá exigir un estudio de sensibilidad de las propiedades de la mezcla a variaciones de granulometría y dosificación de ligante hidrocarbonado que no excedan de las admitidas en el epígrafe 544.9.3.1.

La fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa deberá asegurar el cumplimiento de las características de la unidad terminada en lo referente a la macrotextura superficial y a la resistencia al deslizamiento, de acuerdo con lo indicado en el epígrafe 544.7.4.

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 este artículo.

El Director de la Obra podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, con objeto de mejorar la calidad de la mezcla, para lo que se realizará un nuevo estudio y los ensayos oportunos.

#### **544.5.1.2 Contenido de huecos**

El contenido de huecos en mezcla, determinado según el método de ensayo de la norma UNE-EN 12697-8 indicado en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20, cumplirá los valores fijados en la tabla 544.10. Para la realización del ensayo se emplearán probetas compactadas (norma UNE-EN 12697-30), aplicando cincuenta (50) golpes por cara.

La determinación del contenido de huecos en mezclas semicalientes podrá hacerse sobre probetas preparadas por compactación giratoria (norma UNE-EN 12697-31), a la temperatura de compactación prevista en obra. Para ello se compactarán hasta el número de giros que permitan obtener una densidad geométrica idéntica a la que se obtiene en probetas compactadas (norma UNE-EN 12697-30), aplicando cincuenta (50) golpes por cara, en una mezcla en caliente de idénticas características con la excepción del tipo de ligante que deberá ser un betún asfáltico, modificado con polímeros en su caso, del mismo grado que el ligante que se desee emplear en la mezcla semicaliente. Los valores se considerarán válidos siempre que el número máximo de giros necesario para alcanzar dicha densidad geométrica sea de cien (100) con molde de diámetro interior de 100 mm.

**TABLA 544.10 – CONTENIDO DE HUECOS EN MEZCLA EN PROBETAS.**

NORMA UNE-EN 12697-30 (50 golpes por cara)

TIPO DE MEZCLA	% DE HUECOS (Norma UNE-EN 12697-8)
SMA 8	4 - 6
SMA11	
SMA 16	4 - 7

El Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá exigir el contenido de huecos rellenos de ligante existentes en el árido (VFB), de acuerdo con el método de ensayo de la norma UNE-EN 12697-8, en las condiciones indicadas en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20, siempre que por las características de los mismos, o por su granulometría combinada, se prevean anomalías en la fórmula de trabajo. En tal caso, el contenido de huecos rellenos de ligante existentes en el árido (VFB) deberá ser menor o igual al ochenta y tres por ciento ( $VFB \leq 83\%$ ).

#### 544.5.1.3 Resistencia a la deformación permanente

La resistencia a deformaciones plásticas, determinada mediante el ensayo de pista de laboratorio, deberá cumplir lo establecido en la tabla 544.11. Este ensayo se hará según la norma UNE-EN 12697-22 empleando el dispositivo pequeño, el procedimiento B en aire, a una temperatura de sesenta grados Celsius (60 °C) y con una duración de diez mil (10 000) ciclos.

Para la realización de este ensayo se prepararán probetas, en número no inferior a tres ( $\geq 3$ ), con el dispositivo de rodillo de acero (norma UNE-EN 12697-33), con una densidad superior al noventa y ocho por ciento ( $> 98\%$ ) de la obtenida en probetas cilíndricas preparadas conforme a la norma UNE-EN 12697-30 aplicando cincuenta (50) golpes por cara.

**TABLA 544.11 – PENDIENTE MEDIA DE DEFORMACIÓN EN PISTA ( $WTS_{AIRE}$ ) EN EL INTERVALO DE 5 000 A 10 000 CICLOS**

NORMA UNE-EN 12697-22 (mm para  $10^3$  ciclos de carga)

TIPO DE CAPA	ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T00 a T1	T2	T3, T4 y ARCENES
RODADURA	CÁLIDA Y MEDIA	$\leq 0,07$		—
	TEMPLADA	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	
INTERMEDIA	CÁLIDA Y MEDIA	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	
	TEMPLADA			

#### **544.5.1.4 Sensibilidad al agua**

En cualquier circunstancia se comprobará la adhesividad árido-ligante mediante la caracterización de la acción del agua. Para ello, tanto para capas de rodadura como para capas intermedias, la resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, realizado a quince grados Celsius (15 °C) (método A de la norma UNE-EN 12697-12), tendrá un valor mínimo del noventa por ciento (ITSR  $\geq$  90%). Las probetas se compactarán según la norma UNE-EN 12697-30, aplicando cincuenta (50) golpes por cara.

Se podrá mejorar la adhesividad entre el árido y el ligante hidrocarbonado mediante activantes directamente incorporados al ligante. En todo caso, la dotación mínima no será inferior a la indicada en la tabla 544.9.

#### **544.5.1.5 Ecurrimiento del ligante**

Deberá comprobarse que el escurrimiento del ligante mediante el método del vaso de precipitados descrito en la norma UNE-EN 12697-18, es inferior al tres por mil (< 3‰).

#### **544.5.2 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. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra, indicará las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable antes de proceder a la extensión de la mezcla y, en su caso, a reparar las zonas con algún tipo de deterioro.

La regularidad superficial de la superficie existente deberá cumplir lo indicado en las tablas 542.14.a o 542.14.b. Si está constituida por un pavimento heterogéneo, se deberán, además, eliminar mediante fresado los excesos de ligante y sellar las zonas demasiado permeables, de acuerdo con las instrucciones del Director de la Obra.

Sobre la superficie de asiento se ejecutará un riego de adherencia, conforme al artículo 531 del PG-3 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, protegiéndolo en caso de que sea necesario.

Se comprobará especialmente que, transcurrido el plazo de rotura del ligante de los tratamientos aplicados, no quedan restos de agua en la superficie. Además, si ha pasado mucho tiempo desde su aplicación, se verificará que su capacidad de unión

con la mezcla bituminosa no ha disminuido en forma perjudicial; en caso contrario, el Director de la Obra ordenará la ejecución de un riego de adherencia adicional.

### **544.5.3 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. El número mínimo de fracciones será de dos (2) para mezclas SMA 8 y SMA 11, y de tres (3) para mezclas SMA 16. El Director de la Obra podrá exigir un mayor número de fracciones, si lo estima necesario para cumplir las tolerancias exigidas a la granulometría de la mezcla en el epígrafe 544.9.3.1.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás para evitar intercontaminaciones. Los acopios se dispondrán preferiblemente sobre zonas pavimentadas. Si se dispusieran sobre el terreno natural no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios se construirán por tongadas de espesor no superior a un metro y medio ( $\geq 1,5$  m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un árido, que obligará siempre al estudio de una nueva fórmula de trabajo cumpliendo el epígrafe 544.5.1.1.

En el caso de obras pequeñas, con volumen total de áridos inferior a cinco mil metros cúbicos ( $< 5\ 000\ m^3$ ), antes de empezar la fabricación deberá haberse acopiado la totalidad de los áridos. En otro caso, el volumen mínimo a exigir será el treinta por ciento (30%) o el correspondiente a un (1) mes de producción máxima del equipo de fabricación.

### **544.5.4 Fabricación de la mezcla**

Lo dispuesto en este epígrafe se entenderá sin perjuicio de lo establecido en la norma UNE-EN 13108-5 para el mercado CE.

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 ciento (50% a 100%) de su capacidad, sin rebosar.

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.

Se cuidará la correcta dosificación de los aditivos, al ligante y/o a la mezcla, su distribución homogénea, así como que no pierda las características previstas durante todo el proceso de fabricación.

#### **544.5.5 Transporte**

La mezcla bituminosa se transportará en camiones de la central de fabricación a la extendidora. La caja del camión se tratará previamente con un líquido antiadherente, de acuerdo con lo indicado en el epígrafe 544.4.1. Dicha solución se pulverizará de manera uniforme sobre los laterales y fondo de la caja, utilizando la mínima cantidad para impregnar toda la superficie, y sin que se produzca un exceso de líquido antiadherente, que deberá drenarse en su caso, antes de cargar la mezcla bituminosa. No se permitirá en ningún caso el empleo de productos derivados del petróleo.

Para evitar el enfriamiento superficial de la mezcla, deberá protegerse durante el transporte mediante lonas u otros cobertores adecuados. En el momento de descargarla en la extendidora o en el equipo de transferencia, su temperatura no podrá ser inferior a la especificada en la fórmula de trabajo.

#### **544.5.6 Extensión**

La extensión comenzará por el borde inferior y se realizará por franjas longitudinales, salvo que el Director de la Obra indique otro procedimiento. La anchura de estas franjas se fijará de manera que se realice el menor número de juntas posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características de la extendidora y la producción de la central.

En obras sin mantenimiento de la circulación, para carreteras con calzadas separadas con superficies a extender superiores a setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m<sup>2</sup>), se realizará la extensión a ancho completo trabajando, si fuera necesario, con dos (2) o más extendidoras ligeramente desfasadas, evitando juntas longitudinales. En los demás casos, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre aún caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La extendedora se regulará de forma que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el epígrafe 544.7.2.

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 sea constante y que no se detenga. En caso de parada, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender, en la tolva de la extendedora y debajo de ésta, no baja de la prescrita en la fórmula de trabajo para el inicio de la compactación; de lo contrario, se ejecutará una junta transversal.

#### **544.5.7 Compactación**

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de la Obra en función de los resultados del tramo de prueba hasta que se alcance la densidad especificada en el epígrafe 544.7.1. 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 mezcla esté en condiciones de ser compactada y su temperatura no sea inferior a la mínima prescrita en la fórmula de trabajo. En cualquier caso, en capas de rodadura el número de pasadas del compactador de rodillos sin vibración será siempre superior a seis (> 6).

En caso de requerir vibración, ésta se realizará con amplitudes bajas, debiéndose comprobar que no se produce una ascensión del ligante que reduzca la textura superficial en capas de rodadura, o que produzca una heterogeneidad en las capas intermedias.

En mezclas bituminosas fabricadas con betunes modificados o mejorados con caucho, y en mezclas bituminosas con adición de caucho, se continuará obligatoriamente el proceso de compactación hasta que la temperatura de la mezcla baje de la mínima establecida en la fórmula de trabajo, aunque se hubiera alcanzado previamente la densidad especificada en el epígrafe 544.7.1, con el fin de mantener la densidad de la tongada hasta que el aumento de viscosidad del betún contrarreste una eventual tendencia del caucho a recuperar su forma.

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.

#### **544.5.8 Juntas transversales y longitudinales**

Cuando sean inevitables, se procurará que las juntas transversales de la capa superpuesta guarden una separación mínima de cinco metros (5 m), y de quince centímetros (15 cm) para las longitudinales. Debe evitarse que estas últimas queden situadas en zonas de rodada.

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. Se le aplicará una capa uniforme y ligera de riego de adherencia, según el artículo 531 del PG-3, dejando romper la emulsión suficientemente. En caso necesario, se repetirá el tratamiento para garantizar que la superficie de la junta queda totalmente cubierta. A continuación, se calentará la junta y se extenderá la siguiente franja contra ella. Este procedimiento se aplicará de manera análoga a la ejecución de juntas transversales.

Es importante comprobar la densidad del borde de la capa para determinar la zona que es necesario cortar y eliminar para conformar la junta longitudinal. Para ello se podrán emplear equipos de alto rendimiento (equipos nucleares o por resistividad). No se admitirán zonas con una densidad inferior en más tres (3) puntos porcentuales a la mínima exigida para la capa.

En el caso de no disponer de datos de perfiles de densidad de la capa, se retirará una franja de la anchura que determine el Director de la Obra, y que estará comprendida entre diez y veinte centímetros (10 cm a 20 cm).

La linealidad del corte se garantizará mediante un premarcado del mismo. Éste se llevará a cabo tan pronto como finalice la compactación y la mezcla mantenga una cierta temperatura, retirándose el producto resultante y dejando una superficie limpia y libre de detritus y polvo antes de aplicar el riego de adherencia.

En el caso de operaciones de rehabilitación, deben extremarse las medidas para garantizar la verticalidad del borde de las juntas (longitudinales y transversales), las operaciones de limpieza del polvo y detritus, sobre todo en la zona inferior del corte, empleando para ello equipos de soplado y/o aspiración. En la superficie de las juntas se aplicará un riego de adherencia con una mayor dotación de ligante residual, capaz



de cubrir los áridos sin cobertura de ligante de la zona cortada y de dotar a la zona de elasticidad suficiente para ser capaz de absorber los movimientos de retracción térmica estacional a ambos lados de la junta.

Alternativamente, se podrá garantizar la impermeabilidad y elasticidad de la junta mediante el empleo de masillas bituminosas, bien en forma de perfiles o por extrusión, que se colocarán de acuerdo con las indicaciones del fabricante y previa autorización del Director de la Obra.

Las juntas transversales en capas de rodadura se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos precisos para el rodillo y se distanciarán en más de cinco metros (> 5 m) las juntas transversales de franjas de extensión adyacentes. Para su realización se seguirán los mismos criterios de ejecución descritos anteriormente para las juntas longitudinales.

#### **544.6 TRAMO DE PRUEBA**

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa, 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.

A efectos de verificar que la fórmula de trabajo puede cumplir después de la puesta en obra, las prescripciones relativas a la textura superficial y al coeficiente de rozamiento transversal, en capas de rodadura se comprobará expresamente la macrotextura superficial, obtenida mediante el método volumétrico (norma UNE-EN 13036-1) o, alternativamente, la profundidad media de perfil (MPD) (norma UNE-EN ISO 13473-1), que deberá cumplir los valores establecidos en el epígrafe 544.7.4.

El tramo de prueba tendrá una longitud no inferior a la definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y el Director de la Obra determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la obra en construcción.

Se tomarán muestras de la mezcla bituminosa, que se ensayarán para determinar su conformidad con las condiciones especificadas, y se extraerán testigos.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de la Obra 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, el Contratista 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.

Además, 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 longitudinales y transversales.

No se podrá proceder a la producción sin que el Director de la Obra haya autorizado el inicio en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba.

## **544.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA**

### **544.7.1 Densidad**

La densidad alcanzada deberá ser superior al noventa y ocho por ciento (> 98%) de la densidad de referencia obtenida, conforme a lo indicado en el epígrafe 544.9.3.2.1.

### **544.7.2 Rasante, espesor y anchura**

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en más de diez milímetros ( $\nless 10$  mm) y el espesor de la capa no deberá ser nunca inferior al previsto para ella en la sección-tipo de los Planos de Proyecto.

En perfiles transversales cada veinte metros (20 m) 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.

### **544.7.3 Regularidad superficial**

Para capas de rodadura e intermedia el Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330), obtenido de acuerdo a lo indicado en 544.9.4, deberá cumplir los valores de la tabla 544.12.a ó 544.12.b, según corresponda.

**TABLA 544.12.a - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)  
PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN (NLT-330)**

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍA	
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS	RESTO DE VÍAS
50	< 1,5	< 1,5
80	< 1,8	< 2,0
100	< 2,0	< 2,5

**TABLA 544.12.b - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)  
PARA FIRMES REHABILITADOS ESTRUCTURALMENTE (NLT-330)**

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍA			
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS		RESTO DE VÍAS	
	ESPESOR DE RECRECIMIENTO (cm)			
	> 10	≤ 10	> 10	≤ 10
50	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 2,0
80	< 1,8	< 2,0	< 2,0	< 2,5
100	< 2,0	< 2,5	< 2,5	< 3,0

#### 544.7.4 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura

La superficie de la capa deberá presentar una textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones.

La macrotextura superficial, obtenida mediante el método volumétrico (norma UNE-EN 13036-1) o, alternativamente, por el método de perfiles de superficie (norma UNE-EN ISO 13473-1), y la resistencia al deslizamiento transversal (norma UNE 41201 IN) no deberán ser inferiores a los valores indicados en la tabla 544.13.

Dado el mayor espesor de la película de ligante de las mezclas bituminosas tipo SMA, pudiera darse el caso de que los valores de resistencia al deslizamiento no se alcanzasen transcurrido un (1) mes desde la puesta en servicio de la capa de rodadura, por ello el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá establecer que la comprobación de esta característica se efectúe a otras edades para permitir que el paso del tráfico efectúe una adecuada eliminación de la misma, representativa de las condiciones en servicio.

**TABLA 544.13 - VALORES MÍNIMOS DE LA MACROTEXTURA SUPERFICIAL (MTD o MPD) Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO TRANSVERSAL (CRT) DE LAS MEZCLAS PARA CAPAS DE RODADURA**

CARACTERÍSTICA		VALOR
<b>MACROTEXTURA SUPERFICIAL (*) (mm)</b>	MTD (Norma UNE-EN 13036-1)	0,9
	MPD (norma UNE-EN ISO 13473-1) (**)	0,8
<b>RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (Norma UNE 41201 IN) (***) (%)</b>		60

(\*) Medida inmediatamente después de la puesta en obra. El método de control debe elegirse desde el principio en base a los resultados obtenidos en el tramo de prueba, siendo alternativos entre sí, y mantenerse a lo largo de toda la obra no siendo posible su cambio sin contar con la aprobación expresa del Director de la Obra.

(\*\*) La medición con equipos manuales que obtienen valores puntuales se realizará de conformidad con lo indicado en el Anexo C de la norma UNE-EN ISO 13473-1.

(\*\*\*) Medida una vez transcurrido un mes de la puesta en servicio de la capa o en las condiciones especiales que establezca el PPTP.

El Pliego de Prescripciones Técnicas o, en su defecto, el Director de la Obra podrán especificar la adopción de medidas especiales para aumentar la resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura preservando la película de ligante, consistentes en la microincrustación de finos en la superficie durante el proceso de compactación.

#### 544.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa del Director de la Obra, no se permitirá la puesta en obra de la mezcla bituminosa:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (< 5 °C), o a ocho grados Celsius (< 8 °C) si el espesor de la capa a extender fuera inferior a cinco centímetros (< 5 cm) y con tendencia a disminuir. Con viento intenso, después de heladas, y especialmente sobre tableros de puentes y estructuras, el Director de la Obra podrá aumentar estos límites a la vista de los resultados de compactación obtenidos.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

Se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada tan pronto 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.

## **544.9 CONTROL DE CALIDAD**

### **544.9.1 Control de procedencia de los materiales**

En el caso de productos que dispongan del marcado CE, según el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales se deberá realizar la verificación documental consistente en que los valores declarados en la información que acompaña al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra, con objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en este artículo.

En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento, se deberán llevar a cabo obligatoriamente los ensayos para el control de procedencia que se indican en los epígrafes siguientes.

#### **544.9.1.1 Ligantes hidrocarbonados**

Los ligantes deberán cumplir las especificaciones establecidas en los artículos 211 ó 212 del PG-3, según corresponda.

En el caso de betunes mejorados con caucho o de betunes especiales de baja temperatura, no incluidos en los artículos mencionados, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá especificaciones para el control de procedencia del ligante y del contenido de caucho, en su caso.

#### **544.9.1.2 Áridos**

Los áridos deberán disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, salvo en el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra (artículo 5.b del Reglamento 305/2011).

En el primer caso, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación documental consistente en que los valores declarados en la información que acompaña al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si se detectara

alguna anomalía durante su transporte, almacenamiento o manipulación, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos, con objeto de asegurar sus propiedades y la calidad establecida en este artículo.

En el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra, de cada procedencia y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán muestras (norma UNE-EN 932-1) y para cada una de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso (norma UNE-EN 1097-8) para capas de rodadura.
- La densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).
- La granulometría de cada fracción (norma UNE-EN 933-1).
- El equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) y, en su caso, el índice de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
- La proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).
- Limpieza del árido grueso, conforme a lo indicado en el epígrafe 544.2.3.2.7.
- El índice de lajas del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del Director de la Obra.

### **544.9.1.3 Polvo mineral**

El control de procedencia del polvo mineral de aportación se podrá llevar a cabo mediante la verificación documental consistente en que los valores declarados en la información que acompaña al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si se detectara alguna anomalía durante su transporte, almacenamiento o manipulación, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos, con objeto de asegurar sus propiedades y la calidad establecida en este artículo.

En el caso de emplearse el procedente de los áridos, de cada procedencia del polvo mineral, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y con ellas se determinará la densidad aparente (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3) y la granulometría (norma UNE-EN 933-10).

#### **544.9.1.4 Aditivos**

Los aditivos estabilizantes en forma de fibras orgánicas o minerales deberán estar en posesión de una evaluación técnica de la idoneidad de empleo en la que se indiquen, entre otras, sus características, forma de uso, limitaciones de empleo, en su caso, y se establezca su idoneidad para ser empleadas como aditivo estabilizante en mezclas bituminosas en caliente.

#### **544.9.2 Control de calidad de los materiales**

##### **544.9.2.1 Ligantes hidrocarbonados**

Los ligantes deberán cumplir las especificaciones establecidas en los artículos 211 ó 212 del PG-3, según corresponda.

En el caso de betunes mejorados con caucho o de betunes especiales de baja temperatura, no incluidos en los artículos mencionados, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá especificaciones para el control de calidad del ligante.

##### **544.9.2.2 Áridos**

Se examinará la descarga en el acopio desechando los materiales que a simple vista presenten materias extrañas 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, lascas, 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.

Para los áridos que tengan marcado CE, la comprobación de las siguientes propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación documental consistente en que los valores declarados que acompañan al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si se detectara alguna anomalía durante su transporte, almacenamiento o manipulación, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones y ensayos, con objeto de asegurar sus propiedades y la calidad establecida en este artículo.

En los materiales que no tengan marcado CE se deberán hacer obligatoriamente las siguientes comprobaciones.

Con cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

**Con la misma frecuencia de ensayo que la indicada en la tabla 544.14:**

- Análisis granulométrico de cada fracción (norma UNE-EN 933-1).
- Equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) del árido combinado (incluido el polvo mineral) de acuerdo con la fórmula de trabajo y, en su caso, el índice de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).

**Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:**

- Índice de lajas del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- Proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).
- Limpieza del árido grueso, conforma a lo indicado en el epígrafe 544.2.3.2.7.

**Al menos una (1) vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:**

- Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura (norma UNE-EN 1097-8).
- Densidad relativa del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).
- Absorción del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).

### **544.9.2.3 Polvo mineral**

Las propiedades del polvo mineral de aportación se comprobarán mediante la verificación documental de la información que acompaña al marcado CE. Si se detectara alguna anomalía durante su transporte, almacenamiento o manipulación, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones y ensayos, con objeto de asegurar sus propiedades y la calidad establecida.

Para el polvo mineral procedente de los áridos se realizarán los siguientes ensayos:

**Al menos una (1) vez al día, o cuando cambie de procedencia:**

- Densidad aparente (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3).



**Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:**

- Análisis granulométrico del polvo mineral (norma UNE-EN 933-10).

**544.9.3 Control de ejecución**

Dada su importancia, se llevará un registro de los controles de temperatura de la mezcla efectuados en el momento de su fabricación, llegada al tajo de obra, extensión y compactación. Los equipos empleados para ello y la frecuencia de medida serán establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, empleándose en su defecto los criterios recogidos en la norma UNE 41265-1 IN.

**544.9.3.1 Fabricación**

Las mezclas bituminosas deberán disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ (salvo en el caso de las excepciones citadas en el artículo 5 del Reglamento 305/2011), por lo que su idoneidad se podrá comprobar mediante la verificación documental consistente en que los valores declarados en la información que acompaña al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

**Controles sobre la mezcla de áridos:**

Estos controles se efectuarán sobre las mezclas bituminosas que no dispongan de marcado CE. No serán obligatorios para las mezclas bituminosas en posesión de marcado CE, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones.

Se tomará diariamente un mínimo de dos (2) muestras (norma UNE-EN 932-1), una por la mañana y otra por la tarde, de la mezcla de áridos en frío antes de su entrada en el secador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del árido combinado (norma UNE-EN 933-1).
- Equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) para la fracción 0/4 del árido combinado y, en su caso, el índice de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9) para la fracción 0/0,125mm 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.

Se tomará diariamente al menos una (1) muestra de la mezcla de áridos en caliente y se determinará su granulometría (norma UNE-EN 933-1), que cumplirá las tolerancias indicadas en este epígrafe. 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 al menos una (1) vez por semana.

**Controles a la salida del mezclador o silo de almacenamiento, sobre cada elemento de transporte:**

Estos controles se realizarán sobre todas las mezclas bituminosas, con o sin marcado CE, tomando muestras a la descarga del mezclador y realizando los ensayos correspondientes.

- Control del aspecto de la mezcla y medición de su temperatura. Se rechazarán todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas y aquellas cuya envuelta no sea homogénea. La humedad de la mezcla no deberá ser superior en general al cinco por mil ( $\neq 5\%$ ) en masa del total. En mezclas semicalientes este límite se podrá ampliar hasta el uno y medio por ciento ( $\neq 1,5\%$ ).
- Se tomarán muestras de la mezcla fabricada con la frecuencia de ensayo indicada en la tabla 544.14, en función del nivel de conformidad (NCF) definido en el Anexo A de la norma UNE-EN 13108-21, determinado por el método del valor medio de cuatro (4) resultados, y según el nivel de control asociado a la categoría de tráfico pesado. Sobre estas muestras se determinará la dosificación de ligante (norma UNE-EN 12697-1) y la granulometría de los áridos extraídos (norma UNE-EN 12697-2).

**TABLA 544.14 FRECUENCIA MÍNIMA DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE GRANULOMETRÍA DE ÁRIDOS EXTRAÍDOS Y CONTENIDO DE LIGANTE EN CAPAS DE RODADURA E INTERMEDIA**

(toneladas/ensayo)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	NIVEL DE CONTROL	NCF A	NCF B	NCF C
T00 a T2	X	600	300	150
T3 a T4	Y	1000	500	250

Las tolerancias admisibles respecto de la granulometría de la fórmula de trabajo, referidas a la masa total de áridos (incluido el polvo mineral), serán las siguientes:

- Tamices superiores al 2 mm de la norma UNE EN 933-2: cuatro por ciento ( $\pm 4\%$ ).
- Tamiz 2 mm de la norma UNE EN 933-2: tres por ciento ( $\pm 3\%$ ).
- Tamices comprendidos entre el 2 mm y el 0,063 mm de la norma UNE EN 933-2: dos por ciento ( $\pm 2\%$ ).
- Tamiz 0,063 mm de la norma UNE EN 933-2: uno por ciento ( $\pm 1\%$ ).

La tolerancia admisible respecto de la dotación de ligante hidrocarbonado de la fórmula de trabajo, será del tres por mil ( $\pm 3\%$ ) en masa del total de mezcla bituminosa (incluido el polvo mineral), sin bajar del mínimo especificado en la tabla 544.9, según el tipo de mezcla que se trate.

### **Controles adicionales sobre las características de las mezclas:**

En el caso de mezclas que dispongan de marcado CE, además de la comprobación documental, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones o ensayos que considere oportunos. En ese supuesto, deberá seguirse lo indicado en los párrafos siguientes.

En el caso de mezclas que no dispongan de marcado CE, para las categorías de tráfico pesado T00 a T31 se deberán llevar a cabo al menos una (1) vez al mes, o con menor frecuencia si así lo aprueba el Director de la Obra, los ensayos adicionales de las características de la mezcla que se indican a continuación, con las mismas probetas y condiciones de ensayo que las establecidas en el epígrafe 544.5.1:

- Resistencia a las deformaciones plásticas mediante el ensayo de pista de laboratorio (norma UNE-EN 12697-22).
- Resistencia conservada a tracción indirecta tras inmersión (método A norma UNE-EN 12697-12).
- Ecurrimiento del ligante (norma UNE-EN 12697-18).

En todos los casos, se determinará la resistencia conservada a tracción indirecta tras inmersión (método A norma UNE-EN 12697-12) cuando se cambien el suministro o la procedencia, o cuando el Director de la Obras lo considere oportuno para asegurar alguna característica relacionada con la adhesividad y cohesión de la mezcla.

### 544.9.3.2 Puesta en obra

#### 544.9.3.2.1 Extensión

Antes de verter la mezcla del elemento de transporte en la tolva de la extendedora o en el equipo de transferencia, se comprobará su aspecto y se medirá su temperatura, así como la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el apartado 544.8.

Se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del epígrafe 544.9.4.

Para cada uno de los lotes se debe determinar la densidad de referencia para la compactación procediendo de la siguiente manera:

- Al menos una (1) vez por lote se tomarán muestras y se preparará un juego de tres (3) probetas. Sobre ellas se obtendrá el valor medio del contenido de huecos (norma UNE-EN 12697-8), y la densidad aparente (norma UNE-EN 12697-6), con el método de ensayo indicado en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20.

Estas probetas se prepararán según la norma UNE-EN 12697-30, aplicando cincuenta (50) golpes por cara.

En la preparación de las probetas se cuidará especialmente que se cumpla la temperatura de compactación fijada en la fórmula de trabajo, según el ligante empleado. La toma de muestras para la preparación de estas probetas podrá hacerse, a juicio del Director de la Obra, en la carga o en la descarga de los elementos de transporte a obra pero, en cualquier caso, se evitará recalentar la muestra para la fabricación de las probetas.

- La densidad de referencia para la compactación de cada lote se define como la media aritmética de las densidades aparentes obtenidas en dicho lote y en cada uno de los tres (3) anteriores.

Al menos en un veinte por ciento (20 %) de los lotes se tomarán muestras sobre las que se realizarán ensayos de comprobación de la dosificación de ligante (norma UNE-EN 12697-1), y de la granulometría de los áridos extraídos (norma UNE-EN 12697-2). A la vista de los resultados, el Director de la Obra podrá aumentar o disminuir la frecuencia de muestreo.

Se comprobará, con la frecuencia que establezca el Director de la Obra, el espesor extendido mediante un punzón graduado.

#### 544.9.3.2.2 Compactación

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

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

Al terminar la compactación se medirá la temperatura en la superficie de la capa, con objeto de comprobar que se está dentro del rango fijado en la fórmula de trabajo.

#### 544.9.4 Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

De cada lote se extraerán testigos en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a tres ( $\neq 3$ ), y sobre ellos se determinará su densidad aparente (norma UNE-EN 12697-6) y espesor, considerando las condiciones de ensayo que figuran en el Anexo B de UNE-EN 13108-20. Sobre estos testigos se llevará a cabo también la comprobación de la adherencia entre capas (norma NLT-382, dispositivo B), a la que hace referencia el artículo 531 del PG-3. En el caso de capas de espesor inferior a tres centímetros ( $< 3$  cm) se podrá emplear el dispositivo A de la norma NLT-382 para realizar esta comprobación.

Se controlará la regularidad superficial, en tramos de mil metros de longitud (1 000 m), a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución mediante la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330), calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro (hm) del perfil auscultado, que se asignará a dicho hectómetro (hm), y así sucesivamente hasta completar el tramo medido que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 544.7.3. En el caso de que un mismo tramo se ausculte más de un perfil longitudinal (rodada derecha e izquierda), las prescripciones

sobre el valor del IRI establecidos en el epígrafe 544.7.3 se deberán verificar independientemente en cada uno de los perfiles auscultados en cada rodada. La comprobación de la regularidad superficial de toda la longitud de la obra, en capas de rodadura, tendrá lugar antes de la puesta en servicio.

En capas de rodadura se controlará además diariamente la medida de la macrotextura superficial. En el caso de emplearse el método volumétrico (norma UNE-EN 13036-1) la comprobación se realizará en tres (3) puntos del lote aleatoriamente elegidos. En el caso de emplearse el método de determinación de la profundidad media de perfil, se seguirá el procedimiento descrito en el Anexo C de la norma UNE-EN ISO 13473-1 sobre una posición transversal elegida al azar.

Se comprobará la resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura de toda la longitud de la obra (norma UNE 41201 IN) una vez transcurrido un (1) mes de la puesta en servicio de la capa. Si no cumpliese, se repetirá la medición en el plazo indicado para ello en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, que no será inferior a tres ( $\leq$  3) meses ni superior a doce ( $\geq$  12) meses.

## 544.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos en el epígrafe 544.9.4, según lo indicado a continuación.

### 544.10.1 Densidad

La densidad media obtenida en el lote no podrá ser inferior a la especificada en el epígrafe 544.7.1 Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa y cinco por ciento ( $\geq$  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.
- Si es inferior al noventa y cinco por ciento ( $<$  95%) de la densidad de referencia, se demolerá mediante fresado la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado, y se repondrá con un material aceptado por el Director de la Obra, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, o empleado como indique el Director de la Obra, a cargo del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un ( $\neq 1$ ) individuo de la muestra ensayada del lote presente un valor inferior al prescrito en más de dos (2) puntos porcentuales. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada uno de ellos, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

#### **544.10.2 Espesor**

El espesor medio por lote no deberá ser en ningún caso inferior al especificado en el epígrafe 544.7.2. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

##### **Para capas intermedias:**

- Si es superior o igual al noventa por ciento ( $\geq 90\%$ ) y no existieran zonas de posible acumulación de agua, se aceptará la capa con una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si es inferior al noventa por ciento ( $< 90\%$ ), se rechazará la capa correspondiente al lote controlado, debiendo el Contratista por su cuenta demolerla mediante fresado y reponerla con un material aceptado por el Director de la Obra, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

##### **Para capas de rodadura:**

- Si es inferior al especificado, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta demolerla mediante fresado y reponerla con un material aceptado por el Director de la Obra, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un ( $\neq 1$ ) individuo de la muestra ensayada del lote presente un resultado inferior al noventa por ciento ( $< 90\%$ ) del espesor especificado. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada uno de ellos, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

### 544.10.3 Rasante

#### Para capas intermedias:

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas. Si se rebasaran dichas tolerancias, se procederá de la siguiente manera:

- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto, el Director de la Obra podrá aceptar la rasante siempre que se compense la merma producida con el espesor adicional necesario de la capa superior en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista, de acuerdo con lo especificado en el epígrafe anterior.
- 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 el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos del proyecto. El producto resultante será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

### 544.10.4 Regularidad superficial

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el epígrafe 544.7.3, se procederá de la siguiente forma:

#### Para capas de rodadura:

- Se demolerá el lote mediante fresado y se extenderá una nueva capa por cuenta del Contratista. El producto resultante será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

#### Para capas intermedias:

- Si es en menos del diez por ciento ( $< 10\%$ ) de la longitud del tramo controlado se corregirán los defectos de regularidad superficial mediante microfresado por cuenta del Contratista. La localización de dichos defectos se hará sobre los perfiles longitudinales obtenidos en la auscultación para la determinación de la regularidad superficial.
- Si es igual o en más del diez por ciento ( $\geq 10\%$ ) de la longitud del tramo controlado se extenderá una nueva capa de mezcla bituminosa con el espesor que determine el Director de la Obra por cuenta del Contratista. En obras de



rehabilitación en las que exista una limitación en el espesor total del firme, se procederá a la corrección de los defectos superficiales mediante microfresado antes de la extensión de la nueva capa.

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa de rodadura en tramos uniformes y continuos, con longitudes superiores a dos kilómetros (> 2 km), mejoran los límites establecidos en el epígrafe 544.7.3, y cumplen los valores de la tabla 544.15.a ó 544.15.b, según corresponda, se podrá incrementar el abono de mezcla bituminosa según lo indicado en el apartado 544.11.

**TABLA 544.15.a - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN, CON POSIBILIDAD DE ABONO ADICIONAL**

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍA	
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS	RESTO DE VÍAS
50	< 1,0	< 1,0
80	< 1,2	< 1,5
100	< 1,5	< 2,0

**TABLA 544.15.b - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA FIRMES REHABILITADOS ESTRUCTURALMENTE, CON POSIBILIDAD DE ABONO ADICIONAL**

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍA		
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS		RESTO DE VÍAS
	ESPESOR DE RECRECIMIENTO (cm)		
	> 10	≤ 10	
50	< 1,0	< 1,0	< 1,0
80	< 1,2	< 1,5	< 1,5
100	< 1,5	< 1,8	< 2,0

#### 544.10.5 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

##### 544.10.5.1 Macrotextura superficial de las capas de rodadura

El resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial no deberá resultar inferior al valor especificado en la tabla 544.13. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa por ciento ( $\geq 90\%$ ), se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si es inferior al noventa por ciento ( $< 90\%$ ) del valor previsto se rechazará la capa. El Contratista, a su cuenta, deberá demolerla mediante microfresado y

reponerla con un material aceptado por el Director de la Obra, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un ( $\neq 1$ ) individuo de la muestra ensayada presente un resultado individual inferior a dicho valor en más del veinticinco por ciento ( $> 25\%$ ). De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se realizarán ensayos, según el epígrafe 544.7.4.

#### **544.10.5.2 Resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura**

En capas de rodadura el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser en ningún caso inferior al valor previsto en la tabla 544.13.

Si transcurrido un (1) mes desde la puesta en servicio de la capa de rodadura el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no cumplierse el valor indicado en la tabla 544.13 se procederá de la siguiente forma:

- Si resulta superior al noventa y cinco por ciento ( $> 95\%$ ) se repetirá la medición una vez transcurridos tres (3) meses desde la última medición, o en el plazo previsto, en su caso, por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
  - o Si el resultado medio ha mejorado, se aceptará el lote.
  - o Si el resultado medio sigue siendo el mismo, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
  - o Si el resultado medio ha empeorado se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se calculará para cada una de ellas el resultado medio de la resistencia al deslizamiento y se aplicarán los criterios anteriores, pudiendo resultar que una de las partes tenga que volver a dividirse. En aquel sub-lote en el que las dos partes arrojen resultados inferiores al noventa y cinco por ciento ( $< 95\%$ ) del valor previsto se rechazará la capa correspondiente al sub-lote controlado, debiendo el Contratista por su cuenta demolerla mediante fresado y reponerla con un material aceptado por el Director de la Obra, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras. El producto resultante, en su caso, será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.
- Si resulta inferior al noventa y cinco por ciento ( $< 95\%$ ) pero superior al noventa por ciento ( $> 90\%$ ) se repetirá la medición una vez transcurridos tres (3) meses

desde la última medición, o en el plazo previsto, en su caso, por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y se aplicarán los siguientes criterios:

- Si resulta superior al noventa y cinco por ciento (> 95%), se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si resulta inferior al noventa y cinco por ciento (< 95%) del valor previsto se rechazará la capa correspondiente al sub-lote controlado, debiendo el Contratista por su cuenta demolerla mediante fresado y reponerla con un material aceptado por el Director de la Obra, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras. El producto resultante, en su caso, será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un cinco por ciento ( $\geq 5\%$ ) de la longitud total medida, presente un resultado inferior a dicho valor en más de diez unidades (> 10). De no cumplirse esta condición se medirá de nuevo para contrastar el cumplimiento de este epígrafe.

#### **544.11 MEDICIÓN Y ABONO**

La preparación de la superficie existente se considerará incluida en la unidad de obra correspondiente a la construcción de la capa inferior y, por tanto, no habrá lugar a su abono por separado. Únicamente cuando dicha capa se haya realizado mediante otro 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 fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas tipo SMA se abonará por toneladas (t), según su tipo, obtenidas multiplicando las dimensiones señaladas para cada capa en los Planos del Proyecto por los espesores y densidades medios deducidos de los ensayos de control de cada lote. En dicho abono se considerará incluido el de los áridos y el del polvo mineral. No serán de abono los sobrecanchos laterales, ni los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes.

Para áridos con peso específico superior a tres gramos por centímetro cúbico (>3 g/cm<sup>3</sup>), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá establecer, también, el abono por unidad de superficie (m<sup>2</sup>), con la fijación de unos umbrales de dotaciones o espesores, de acuerdo con lo indicado en este artículo.

El ligante hidrocarbonado empleado se abonará por toneladas (t), obtenidas multiplicando la medición correspondiente de mezclas bituminosas puestas en obra, por el porcentaje (%) medio de ligante deducido de los ensayos de control de cada lote. Se considerará incluido en dicho precio, y por tanto no será de objeto de abono independiente, el empleo de activantes o aditivos al ligante.

El polvo mineral de aportación y las adiciones a la mezcla bituminosa (como, por ejemplo, los aditivos estabilizantes), 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 correspondiente de mezclas bituminosas puesta en obra por su dotación media en las mismas.

Para las categorías de tráfico pesado T00 a T2, si el árido grueso empleado para capas de rodadura, además de cumplir todas y cada una de las prescripciones especificadas en el epígrafe 544.2.3 de este artículo, tuviera un valor del coeficiente de pulimento acelerado (norma UNE-EN 1097-8), superior en cuatro (> 4) puntos al valor mínimo especificado en este artículo para la categoría de tráfico pesado que corresponda, se abonará además una unidad de obra definida como metro cuadrado (m<sup>2</sup>) o en su caso tonelada (t), de incremento de calidad de áridos en capa de rodadura. El precio de esta unidad de obra no será superior al diez por ciento ( $\neq$  10%) del correspondiente al del metro cuadrado (m<sup>2</sup>) o en su caso tonelada (t), de mezcla bituminosa para dicha capa de rodadura. Será condición necesaria para su abono que esta unidad de obra estuviera explícitamente incluida en los Cuadros de Precios y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y su medición prevista en el Presupuesto del Proyecto.

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa de rodadura mejorasen los valores especificados en este artículo, de acuerdo con los criterios del epígrafe 544.10.3, se abonará además una unidad de obra definida como metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de incremento de calidad de regularidad superficial en capa de rodadura. El precio de esta unidad de obra no será superior al cinco por ciento ( $\neq$  5%) del correspondiente al del metro cuadrado (m<sup>2</sup>) o en su caso tonelada (t), de mezcla bituminosa para dicha capa de rodadura. Será condición necesaria para su abono que esta unidad de obra estuviera explícitamente incluida en los Cuadros de Precios y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y su medición prevista en el Presupuesto del Proyecto.

## NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO

Debe entenderse que las normas mencionadas en este artículo se refieren siempre a las versiones que se relacionan a continuación, salvo en el caso de normas UNE-EN que sean transposición de normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, en el marco de aplicación del Reglamento Europeo de Productos de la Construcción UE 305/2011, en cuyo caso la cita se deberá relacionar con la última Comunicación de la Comisión que incluya dicha referencia.

NLT-330/98	Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras
NLT-382/08	Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante ensayo de corte
UNE 41201 IN: 2010	Características superficiales de carreteras y aeropuertos. Procedimiento para determinar la resistencia al deslizamiento de la superficie de un pavimento a través de la medición del coeficiente de rozamiento transversal (CRTS): SCRIM.
UNE 41260-1 IN: 2019	Materiales para firmes de carreteras. Mezclas bituminosas. Parte 1: Utilización de cal hidratada como polvo mineral de aportación.
UNE 41265-1 IN: 2019	Materiales para firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 1: Control térmico de mezclas bituminosas.
UNE-EN 932-1: 1997	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
UNE-EN 933-1: 2012	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.
UNE-EN 933-2:1996 UNE-EN 933-2: /1M: 1999	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: 2012	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: 1999 UNE-EN 933-5:1999/A1:2005	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 933-8:2012+A1:2015 UNE-EN 933-8:2012+A1:2015/1M:2016	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9: 2010	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.
UNE-EN 933-10: 2010	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 10: Evaluación de los finos. Granulometría de los fillers (tamizado en corriente de aire).
UNE-EN 1097-2: 2010	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 1097-3: 1999	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 3: Determinación de la densidad aparente y la porosidad.
UNE-EN 1097-6: 2014	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 1097-8: 2010	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado.
UNE-EN 1367-2: 2010	Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte 2: Ensayo de sulfato de magnesio.
UNE-EN 12697-1: 2013	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
UNE-EN 12697-2: 2015	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas.
UNE-EN 12697-6: 2012	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
UNE-EN 12697-8: 2003	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
UNE-EN 12697-12: 2019	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de las probetas de mezcla bituminosa.
UNE-EN 12697-18: 2018	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 18: Ensayo de escurrimiento del ligante.
UNE-EN 12697-22: 2008+A1:2008	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 22: Ensayo de rodadura.
UNE-EN 12697-30: 2019	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 30: Preparación de la muestra mediante compactador de impactos.

UNE-EN 12697-31: 2008	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 31: Preparación de la muestra mediante compactador giratorio.
UNE-EN 12697-33: 2006	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa.
UNE-EN 13036-1: 2010	Características superficiales de carreteras y aeropuertos. Métodos de ensayo. Parte 1: Medición de la profundidad de la macrotextura superficial del pavimento mediante el método volumétrico.
UNE-EN 13043:2003 UNE-EN 13043/AC:2004	Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas.
UNE-EN 13108-5: 2007	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA.
UNE-EN 13108-20: 2007	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo.
UNE-EN 13108-21: 2007	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica.
UNE-EN 13302: 2018	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica de los ligantes bituminosos usando un viscosímetro de rotación de aguja.
UNE-EN ISO 13473-1: 2019	Caracterización de la textura de los pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 1: Determinación de la profundidad media del perfil.



MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA

SECRETARÍA DE ESTADO DE  
INFRAESTRUCTURAS,  
TRANSPORTE Y VIVIENDA

SECRETARÍA GENERAL DE  
INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL DE  
CARRETERAS

**ORDEN CIRCULAR OC 1/2023 SOBRE ACTUALIZACIÓN DE ESPESORES DE LAS CAPAS Y TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN LA NORMA 6.1 IC “SECCIONES DE FIRME”**

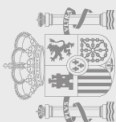
La vigente Norma 6.1 IC “Secciones de firmes” de la Instrucción de Carreteras aprobada mediante **Orden FOM/3460/2003**, de 28 de noviembre de 2003, fue concebida para los materiales y técnicas de la época de manera que en su Tabla 6 “Espesor de capas de mezcla bituminosa en caliente” contempla únicamente las que figuraban en el PG-3 en los entonces vigentes artículos 542 “Mezclas bituminosas en caliente” (tipos D, S, G, MAM y PA) y 543 “Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura” (tipos M, F).

Durante el tiempo transcurrido se han sucedido numerosos e importantes avances en el campo de las mezclas bituminosas, que se han reflejado en los consiguientes cambios en el PG-3 y también en el PG-4, tanto en materia de fabricación, puesta en obra y control de calidad, como de adaptación de sus características y denominación a las normas armonizadas europeas y asimismo se ha seguido avanzando en el conocimiento del funcionamiento de los materiales y de las secciones de firme ante las diversas circunstancias.

Todo lo anterior hace necesaria la revisión en profundidad y actualización de la Norma 6.1 IC, en lo cual ya se está trabajando, así como los correspondientes cambios y ajustes en el PG-3, lo que requerirá un plazo que puede ser considerable para su completa terminación por lo que, como primer paso en dicha dirección, el objetivo de la presente Orden Circular es actualizar el contenido del apartado 6.2 “MATERIALES PARA LAS SECCIONES DE FIRME” acerca de diversos aspectos, y en especial el de su Tabla 6 “ESPESORES DE CAPAS DE MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE”, para su adaptación a las mezclas bituminosas en caliente o semicaliente empleadas en la actualidad, así como para incorporar diversos ajustes y mejoras en cuanto a los espesores de capas según su ubicación en la sección de firme y materiales.

De entre los numerosos cambios introducidos en la normativa de mezclas bituminosas y avances en el conocimiento desde la aprobación de la 6.1 IC, los principales que se han tenido en cuenta para la presente Orden Circular son los derivados de las siguientes líneas de actuación:

- Adaptación de las entonces denominadas “mezclas bituminosas en caliente” y “mezclas bituminosas en caliente para capas de rodadura” a la norma europea armonizada EN 13108 de manera que ahora constituyen las mezclas tipo AC objeto del artículo 542 “Mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso” y las de los tipos BBTM y PA objeto del artículo 543 “Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas” cuya redacción vigente es, tras sucesivos cambios, la establecida mediante la **Orden FOM/2523/2014**, de 12 de diciembre.







FIRMADO

- Introducción de dos nuevas familias de mezclas bituminosas de entre las contempladas en la norma UNE EN 13108 pues mediante la **OC 3/2019** se ha aprobado el artículo 544 “Mezclas bituminosas tipo SMA”, y mediante la **OC 3/2022** se ha aprobado el artículo 545 “Mezclas bituminosas tipo AUTL para capas de rodadura”.
- Mejora del conocimiento del comportamiento de los diferentes tipos de mezclas bituminosas ante las diversas circunstancias de lo que resulta la conveniencia de ampliar el ámbito de unas, como es el caso, entre otras, de las MAM en capa intermedia, y de reducir o suprimir, salvo estudio especial que lo justifique, el uso de otras, como es el caso de las mezclas AC tipo G y de las mezclas PA-16.
- Paulatino incremento, desde la creación del PG-4 mediante la OC 8/2001 sobre reciclado de firmes, del empleo de asfalto recuperado (RA) en la fabricación de las mezclas bituminosas, tal y como se contempla en la OC 24/2008 sobre los artículos 542 y 543 del PG-3 y en la Orden FOM/2523/2014 antes mencionada, a lo que se añade que la OC 40/2017 sobre reciclado de firmes y pavimentos bituminosos no sólo amplía los límites de utilización de RA sino que además establece la posibilidad de aplicación de sus técnicas a las obras de acondicionamiento de trazado, de ensanche y mejora de plataforma o de ampliación de carriles.
- Desarrollo de técnicas de fabricación de mezclas semicaliente en todos estos tipos de mezclas, incluidas las del artículo 22 del PG-4.

Por otro lado, en el momento de emitirse la presente Orden Circular se está en la casi simultánea fase final de revisión y actualización del contenido de la antes mencionada OC 40/2017 por lo que, por razones de eficacia administrativa, conviene incluir ahora, en la actualización del contenido del apartado 6.2 de la Norma 6.1 IC y de su Tabla 6, las novedades que le afecten de entre las numerosas que se incorporarán en cuanto a abanico de soluciones y posibilidades de aplicación de las mezclas objeto del artículo 22 del PG-4.

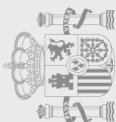
Por todo lo anterior, y debido a la necesidad de revisar, actualizar y coordinar entre sí las prescripciones técnicas relativas a los espesores de las capas y tipos de mezclas bituminosas en caliente y semicaliente que emplear en las secciones de firme para las actuaciones en la Red de Carreteras del Estado, la Dirección General de Carreteras ha dispuesto lo siguiente:

**Primero:** Esta Orden Circular será de aplicación a los siguientes proyectos y obras:

- Proyectos cuya Orden de Estudio se autorice con posterioridad a la fecha de entrada en vigor de esta Orden Circular.
- Proyectos cuya aprobación precise información pública y ésta aún no haya sido realizada.
- En el resto de proyectos en redacción, así como en el caso de obras en fase de

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 03/04/2023 06:04 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 3 (2 de 3) - Código Seguro de Verificación: MFOM0252984C812E036C32B4A4CC  
Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA





FIRMADO

licitación o adjudicadas, se elevará consulta a las Subdirecciones Generales de esta Dirección General que corresponda, acerca de la conveniencia de proceder a modificar el proyecto o el contrato para adecuarlo a lo previsto en esta Orden Circular.

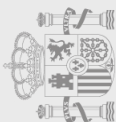
- Segundo:** En tanto se lleva a cabo la completa revisión y actualización de la Norma 6.1 IC “Secciones de firme”, se introducen en su apartado 6.2 MATERIALES PARA LA SECCIÓN DE FIRME, los cambios que se especifican en el Anejo de esta Orden Circular.
- Tercero:** Todas las menciones en la Norma 6.1 IC a las mezclas bituminosas en caliente deben entenderse como referencias a mezclas bituminosas en caliente o semicaliente, con las limitaciones de empleo, en su caso, expresadas en el Anexo.
- Cuarto:** Todos los cambios contemplados en la presente Orden Circular se considerarán trasladados, a los efectos de la aplicación de la Norma 6.1 IC, a los correspondientes artículos 542 del PG-3, 543 del PG-3, 544 de la OC 3/2019 y 545 de la OC 3/2022, prevaleciendo sobre cuantas estipulaciones se contengan en dichos artículos que contradigan o se opongan a lo establecido por la presente Orden Circular.
- Quinto:** En tanto que se proceda a la actualización del artículo 542 del PG-3 o a ulteriores cambios en la Norma 6.1 IC, el empleo de la mezcla bituminosa AC tipo G requerirá un estudio especial que lo justifique.
- Sexto:** En tanto que se proceda a la actualización del artículo 543 del PG-3, o a ulteriores cambios en la Norma 6.1 IC, el empleo de la mezcla bituminosa tipo PA-16 requerirá un estudio especial que lo justifique
- Séptimo:** En tanto que se proceda a la actualización del artículo 544 “Mezclas bituminosas tipo SMA” recogido en la OC 3/2019, o a ulteriores cambios en la Norma 6.1 IC, el empleo de la mezcla bituminosa tipo SMA 16 surf requerirá un estudio especial que lo justifique.
- Octavo:** Esta Orden Circular entrará en vigor al día siguiente al de su firma.

Madrid, marzo de 2023

El Director General de Carreteras

(fecha y firma digital al margen)

Juan Pedro Fernández Palomino





O.C. 3/2019

(Ver al final del pdf los puntos cuarto y séptimo de la O.C. 1/2023)

ORDEN CIRCULAR OC 1/2023 SOBRE ACTUALIZACIÓN DE ESPESORES DE LAS CAPAS  
Y TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN LA NORMA  
6.1 IC "SECCIONES DE FIRME"

---

## **ANEXO DE LA ORDEN CIRCULAR 1/2023**



- En el apartado **6.2 MATERIALES PARA LA SECCIONES DE FIRME** de la Norma 6.1 IC "Secciones de firme" se modifica el contenido de la tabla 5 en lo que sigue:
  - Se sustituye "Mezclas bituminosas en caliente (D, S y G)" por "Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente tipo AC (D y S)"
  - Se sustituye "Mezcla bituminosas discontinuas en caliente (M y F)" por "Mezcla bituminosas discontinuas en caliente o semicaliente tipo BBTM (A y B)"
  - Se incluyen las "Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente tipo SMA", con coeficiente de equivalencia de uno (1)
  - Se incluyen las "Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente tipo AUTL", con coeficiente de equivalencia de uno (1)
  
- El título del apartado **6.2.1 Mezclas bituminosas en caliente** se sustituye por **6.2.1 Mezclas bituminosas en caliente y semicaliente**
  
- En apartado **6.2.1 Mezclas bituminosas en caliente y semicaliente** se incluye el siguiente párrafo en primer lugar:

"A los efectos de los artículos 542 y 543 del PG-3, del 544 de la OC 3/2019 y del 545 de la OC 3/2022, se denominan mezclas bituminosas semicalientes a aquellas en las que, mediante el empleo de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos, se reduce la temperatura de mezclado en, al menos, veinte grados Celsius (20 °C) respecto a la mezcla en caliente equivalente, pudiendo emplearse en las mismas condiciones que estas en las categorías de tráfico pesado T1 a T4."
  
- El título del subapartado **6.2.1.1 Espesor de las capas de mezcla bituminosa** se sustituye por **6.2.1.1 Espesor de las capas de mezcla bituminosa en caliente y semicaliente**.
  
- El contenido de los dos primeros párrafos del mencionado subapartado 6.2.1.1 se mantiene inalterado y a continuación de ellos, precediendo a la Tabla 6, se añade el siguiente párrafo:

"En el caso de que fuera necesario para la distribución de los espesores de mezcla bituminosa de la sección considerada, en fase de proyecto se podrán ampliar los límites superiores de los espesores de capas intermedia y de base respectivamente en uno (1) y dos (2) centímetros (cm) siempre que se trate de mezclas AC (D, S o MAM)."
  
- La Tabla 6 y resto del contenido del subapartado 6.2.1.1 es sustituido por lo siguiente:



**TABLA 6. ESPESORES DE CAPA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE O SEMICALIENTE**

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA <sup>1</sup>	TIPO SEGÚN TASA DE ASFALTO RECUPERADO <sup>4</sup>	TAMAÑO NOMINAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
				T1 y superior	T2 y T31	T32 e inferior
Rodadura	AC tipos D y S	0 y 1	16		4-5	
			22		5-6	
	BBTM <sup>2</sup> tipos A y B	0	8	2		
			11	3		
	PA <sup>2</sup>	0	11	4		
	SMA	0	8	2-3		
			11	3-5		
	AUTL <sup>2</sup>	Ninguno	5	1-1,5		
8			1,5-2			
11				2		
Intermedia	AC tipos D y S	Todos	22	5-10 <sup>3</sup>		
	MAM	0 y 1	22	6-10		
	SMA	0	16	5-9		
Base	AC, tipo S	Todos	22	7-10		
			32	10-13		
	MAM	0 y 1	22	7-13	7-13	

(1) Ver definiciones en los artículos 542, 543, 544 y 545 del PG-3, 544 de la OC 3/2019 y 545 de la OC 3/2022

(2) De acuerdo con lo indicado en los artículos 543 y 545, para estas mezclas, el PPTP debe especificar la dotación media en kg/m<sup>2</sup> en lugar del espesor.

(3) Salvo en arcenes, donde se seguirá lo indicado en el apartado 7

(4) Ver tabla de clasificación de las mezclas bituminosas reutilizadas

**TABLA DE CLASIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS REUTILIZADAS EN CENTRAL**

TIPO	CONTENIDO DE ASFALTO RECUPERADO (RA)	
	(% sobre la masa total de la mezcla)	
	Límite inferior	Límite superior
0	-	≤ 15
1	>15	≤ 30
2	> 30	≤ 50
3	> 50	≤ 80

– El título del subapartado **6.2.1.2 Capas de rodadura de mezcla bituminosa** se sustituye por **6.2.1.2 Capas de rodadura de mezcla bituminosa en caliente o semicaliente**

– Los dos primeros párrafos del mencionado subapartado 6.2.1.2 son sustituidos por lo siguiente:



“La capa de rodadura estará constituida por una mezcla bituminosa de tipo AC (D o S) definida en el artículo 542 del PG-3, una mezcla bituminosa drenante de tipo PA, definida en el artículo 543 del PG-3, una mezcla bituminosa discontinua de tipo BBTM (A o B), definida en el artículo 543 del PG-3, una mezcla bituminosa de tipo SMA, definida en el artículo 544 de la OC 3/2019 o una mezcla bituminosa de tipo AUTL, definida en el artículo 545 de la OC 3/2022, con los espesores recogidos en la Tabla 6 en función del tamaño nominal de la mezcla y de la categoría de tráfico pesado.

Salvo en las categorías de tráfico pesado T0 y T00 todas estas mezclas podrán ser en caliente o en semicaliente.

En el caso de emplearse mezclas reutilizadas se seguirá lo establecido en el artículo 22 del PG-4.

Para categorías de tráfico pesado T00 a T31, en secciones en las que sean esperables problemas de reflexión de juntas o fisuras de las capas inferiores o en zonas frías sometidas a actividades frecuentes de vialidad invernal, se priorizará el empleo de mezclas tipo BBTM A o SMA frente a las mezclas de tipo PA o BBTM B.”

- El título del subapartado **6.2.1.3 Mezclas bituminosas de alto módulo** se sustituye por el de **6.2.1.3 Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente para capas intermedia y de base**
- Se sustituye el texto del mencionado subapartado **6.2.1.3** que queda como sigue:

“Las mezclas a utilizar en estas capas serán en caliente o semicaliente salvo en categorías de tráfico pesado T0 y T00.

En las secciones cuyo espesor total de mezcla bituminosa sea igual o superior a veinte centímetros ( $\geq 20$  cm) y cuya explanada sea de categoría E3 o E2, podrán ser empleadas mezclas bituminosas de alto módulo (MAM) en lugar de mezclas AC (D o S), según se definen en el artículo 542 del PG-3, en capa intermedia y/o de base pudiéndose reducir como consecuencia el espesor de las capas de mezcla bituminosa de la sección. La reducción de espesor deberá ser convenientemente justificada y en ningún caso será superior al veinte por ciento ( $\leq 20$  %) del espesor de las capas de mezcla AC (D o S) sustituidas por mezclas MAM.

En el caso de emplearse mezclas reutilizadas se seguirá lo establecido en el artículo 22 del PG-4.

El empleo de mezclas bituminosas del tipo SMA en capa intermedia (SMA 16 bin) está especialmente indicado para categorías de tráfico pesado T00 a T2 en secciones semirrígidas con espesor total de mezclas bituminosas igual o inferior a veinte centímetros ( $\leq 20$  cm).”