

## MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO

### 541.1 DEFINICIÓN

Se define como mezcla bituminosa abierta en frío la combinación homogénea de áridos gruesos, emulsión bituminosa y eventualmente aditivos, que resulta en una mezcla con un contenido alto de huecos. La mezcla bituminosa abierta en frío debe poder fabricarse, extenderse y compactarse a temperatura ambiente y puede ser almacenada en acopios.

Las mezclas bituminosas abiertas en frío se utilizan como capa de rodadura o intermedia en carreteras de categoría de tráfico pesado T3 y T4.

Cuando se emplean en capa de rodadura, durante el proceso de compactación ocasionalmente pueden protegerse mediante la aplicación de un árido de cobertura, generalmente una arena fina. El empleo de este enarenado no exime del cumplimiento de las exigencias de la mezcla como capa de rodadura.

Su ejecución incluye las operaciones siguientes:

- Estudio previo de los materiales.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Ejecución del tramo de prueba y aprobación de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Almacenamiento de la mezcla, si procede.
- Preparación de la superficie que va a recibir la mezcla.
- Transporte de la mezcla al lugar de empleo.
- Extensión y compactación de la mezcla.
- Ejecución de un enarenado, si procede.

### 541. 2 MATERIALES

#### 541.2.1 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 las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la



responsabilidad sobre la conformidad de aquellos 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 este Pliego, 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. De forma explícita se prohíbe el uso de emulsiones bituminosas que contengan alquitranes u otras sustancias derivadas de la destilación de productos carbonosos -hulla u otros-, o betunes oxidados.

#### 541.2.2 Emulsión bituminosa

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de emulsión bituminosa a emplear, dependiendo de la posición de la capa en el firme, de la zona térmica estival y de la categoría de tráfico pesado, definidas estas últimas en la Norma 6.1 IC Secciones de firme. Salvo justificación en contrario, la emulsión bituminosa a emplear se seleccionará entre las que se indican en la tabla 541.1a. Dichas emulsiones cumplirán lo indicado en la norma UNE-EN 13808 y en su anejo nacional para las emulsiones catiónicas o en la norma UNE 51603 para las emulsiones aniónicas.

En el caso de emplear emulsiones catiónicas, en relación con la elección de las clases prestacionales del ligante residual, se estará a lo indicado en la tabla 541.1b.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (107 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>



TABLA 541.1a - TIPOS DE EMULSIÓN BITUMINOSA A EMPLEAR

| POSICIÓN DE LA CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO           |   |                                    |
|---------------------|---------------------------------------|---|------------------------------------|
|                     | T3                                    | T41(*)  | Arcenes                            |
| <b>Rodadura</b>     | C67BPF3 MBA<br>C70BPF3 MBA<br>A67BPFM | C67BPF3 MBA<br>C67BF3 MBA<br>C70BPF3 MBA<br>C70BF3 MBA<br>A67BPFM<br>A67BFM | C67BF3 MBA<br>C70BF3 MBA<br>A67BFM |
| <b>Intermedia</b>   | C67BF3 MBA<br>C70BF3 MBA<br>A67BFM    |   |                                    |

(\*)En carreteras con IMD superior a 1000 vehículos/día se emplearán únicamente emulsiones modificadas.

TABLA 541.1b - CLASES PRESTACIONALES DEL LIGANTE RESIDUAL OBTENIDO POR DESTILACIÓN PARA EMULSIONES CATIONICAS (NORMA UNE-EN 1431)

| ZONA TÉRMICA ESTIVAL    | TIPO DE EMULSIÓN   |  |
|-------------------------|--|--|
|                         | C67BF3 MBA<br>C70BF3 MBA                                 | C67BPF3 MBA<br>C70BP3 MBA                                |
| <b>Cálida</b>           | Pen: Clase 4 ( $\leq 150$ )<br>PR: Clase 6 ( $\geq 43$ ) | Pen: Clase 5 ( $\leq 220$ )<br>PR: Clase 7 ( $\geq 39$ ) |
| <b>Media y templada</b> | Pen: Clase 7 ( $\leq 330$ )<br>PR: Clase 8 ( $\geq 35$ ) | EC: Clase 5 ( $\geq 0,5$ a $5$ °C)<br>RE: Clase 1 (DV)   |

Pen: penetración a 25 °C (norma UNE-EN 1426).  
PR: punto de reblandecimiento (norma UNE-EN 1427).  
EC: energía de cohesión por fuerza ductilidad (norma UNE-EN 13589).  
RE: recuperación elástica a 25 °C (norma UNE-EN 13398).

En el caso de utilizar emulsiones con adiciones para controlar su rotura o mejorar sus propiedades, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las especificaciones que deban cumplir. La dosificación y el método de dispersión de las adiciones deberán ser aprobados por la Dirección de la obra.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (108 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

### 541.2.3 Áridos

Dado que las mezclas bituminosas abiertas en frío están constituidas por áridos gruesos (fracciones retenidas en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2), las condiciones que a continuación se establecen están referidas a dichos áridos gruesos.

#### 541.2.3.1 Características generales

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas abiertas en frío podrán ser de origen natural, artificial o reciclado, pero en todo caso habrán de cumplir las especificaciones recogidas en este artículo. En el caso de emplear asfalto recuperado (RA) procedente del fresado y/o demolición de capas de mezclas bituminosas, este deberá cumplir los requisitos establecidos en el apartado 22.4.4 del artículo 22 sobre reutilización de capas de firmes y pavimentos bituminosos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

Cuando se emplee asfalto recuperado (RA), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, establecerá la proporción de material procedente de fresado a emplear, que no podrá superar el quince por ciento ( $\leq 15\%$ ) en capa de rodadura o el treinta por ciento ( $\leq 30\%$ ) en capa intermedia.

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

Los áridos deberán ser homogéneos y, preferiblemente, de una única procedencia y naturaleza. Si se obtuviesen como combinación de áridos de distinta procedencia o naturaleza, cada uno de ellos deberá cumplir las prescripciones establecidas en el apartado 541.2.3.

#### 541.2.3.2 Inalterabilidad

Los áridos no serán susceptibles a ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo.

Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar los suelos o corrientes de agua. 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 empleado, que deberá ser aprobado por la Dirección de la obra.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, podrá fijar criterios específicos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes solubles de los áridos de cualquier tipo, naturales, artificiales o reciclados, que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medio ambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades, se empleará la norma UNE-EN 1744-3.

#### 541.2.3.3. Angulosidad

La categoría de caras de fractura (C) de los áridos (norma UNE-EN 933-5) deberá cumplir lo fijado en la tabla 541.2.

**TABLA 541.2 - CATEGORIA PARA EL PORCENTAJE DE CARAS DE FRACTURA (C)**

| POSICIÓN<br>DE LA CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                   |     |     |                   |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|-----|-----|-------------------|
|                        | T31                         | T32               | T41 | T42 | Arcenes           |
| Rodadura               | C <sub>100/0</sub>          | C <sub>95/1</sub> |     |     | C <sub>90/1</sub> |
| Base                   | C <sub>95/1</sub>           | C <sub>90/1</sub> |     |     | C <sub>90/1</sub> |

#### 541.2.3.4. Forma (índice de lajas)

La categoría del índice de lajas (FI) de los áridos (norma UNE-EN 933-3) deberá cumplir lo fijado en la tabla 541.3.

**TABLA 541.3 - CATEGORIA PARA EL ÍNDICE DE LAJAS (FI)**

| POSICIÓN<br>DE LA CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |     |                  |     |         |
|------------------------|-----------------------------|-----|------------------|-----|---------|
|                        | T31                         | T32 | T41              | T42 | Arcenes |
| Rodadura               | FI <sub>20</sub>            |     | FI <sub>25</sub> |     |         |
| Intermedia             | FI <sub>30</sub>            |     |                  |     |         |

#### 541.2.3.5. Resistencia a la fragmentación (coeficiente de desgaste de Los Ángeles)

La categoría del coeficiente de desgaste de Los Ángeles (LA) de los áridos (norma UNE-EN 1097-2) deberá cumplir lo fijado en la tabla 541.4.



TABLA 541.4 - CATEGORIA PARA EL COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES (LA)

| POSICIÓN<br>DE LA CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |     |                  |                  |         |
|------------------------|-----------------------------|-----|------------------|------------------|---------|
|                        | T31                         | T32 | T41              | T42              | Arcenes |
| Rodadura               | LA <sub>25</sub>            |     |                  | LA <sub>30</sub> |         |
| Intermedia             | LA <sub>25</sub>            |     | LA <sub>30</sub> |                  |         |

#### 541.2.3.6. Resistencia al pulimento para capas de rodadura (coeficiente de pulimento acelerado)

La categoría del coeficiente de pulimento acelerado (PSV) de los áridos a emplear en capas de rodadura (norma UNE-EN 1097-8) deberá cumplir lo fijado en la tabla 541.5.

**TABLA 541.5 - CATEGORÍA PARA COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO (PSV)  
PARA CAPAS DE RODADURA**

| POSICIÓN<br>DE LA CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                   |     |     |         |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|-----|-----|---------|
|                        | T31                         | T32               | T41 | T42 | Arcenes |
| Rodadura               | PSV <sub>50</sub>           | PSV <sub>44</sub> |     |     |         |

#### 541.2.3.7. Limpieza (contenido de impurezas)

El árido deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas que pudieran afectar a la durabilidad de la capa.

El contenido de finos del árido (norma UNE-EN 933-1), determinado como el porcentaje que pasa por el tamiz 0,063 mm, deberá ser inferior o igual al uno por ciento ( $\leq 1\%$ ) en masa (categoría  $f_1$ ).

En caso contrario, la Dirección de la obra podrá exigir su limpieza por lavado, aspiración u otros métodos por ella aprobados y una nueva comprobación.

#### 541.2.4 Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de aditivos que puedan utilizarse para controlar la rotura de la emulsión o para mejorar las características de la mezcla, los cuales deberán ser especificados en la fórmula de trabajo y aprobados por la Dirección de la obra.



## 541 MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO

## 541.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

La designación de las mezclas bituminosas abiertas en frío seguirá el esquema siguiente:

|    |   |          |         |    |    |
|----|---|----------|---------|----|----|
| AF | D | surf/bin | ligante | RA | XX |
|----|---|----------|---------|----|----|

donde:

- AF** indicación relativa a que el material es una mezcla bituminosa abierta en frío.
- D** tamaño máximo del árido, expresado como la abertura del primer tamiz de la serie que no deja pasar el cien por cien (100 %) del total del árido.
- surf/bin** abreviatura relativa al tipo de capa de empleo de la mezcla: rodadura o intermedia, respectivamente.
- ligante** tipo de emulsión bituminosa utilizada.
- RA** abreviatura de “asfalto recuperado”, que se incluirá cuando se emplee en la mezcla.
- XX** porcentaje de RA en la fórmula de trabajo, expresado sobre la masa de mezcla.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el huso dentro del que deberá estar comprendida la curva granulométrica del árido combinado, que será uno de los indicados en la tabla 541.6. El análisis granulométrico se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 933-1.

**TABLA 541.6 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% EN MASA)**

| TIPO DE MEZCLA | ABERTURA DE LOS TAMICES (mm) (NORMA UNE-EN 933-2) |        |        |        |        |        |       |      |     |
|----------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|-----|
|                | 32  | 22     | 16     | 11     | 8      | 5,6    | 4     | 2    | 0,5 |
| <b>AF 5</b>    | -   | -      | -      | -      | 100    | 90-100 | 40-60 | 0-12 | 0-5 |
| <b>AF 8</b>    | -   | -      | -      | 100    | 90-100 | -      | 10-45 | 0-5  | 0-2 |
| <b>AF 11</b>   | -   | -      | 100    | 90-100 | 50-75  | -      | 10-30 | 0-5  | 0-2 |
| <b>AF 16</b>   | -   | 100    | 90-100 | 60-85  | 30-55  | -      | 6-24  | 0-5  | 0-2 |
| <b>AF 22</b>   | 100   | 90-100 | 55-80  | 40-65  | 20-40  | -      | 5-20  | 0-5  | 0-2 |

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo y espesor de mezcla que ha de emplearse en cada caso, en función de la categoría de tráfico pesado y de la posición, tipo y espesor de la capa del firme, de acuerdo con lo indicado en la tabla 541.7.

FIRMADO



TABLA 541.7 - TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO   | POSICIÓN DE LA CAPA | TIPO DE MEZCLA | ESPESOR (cm)       |
|---|---------------------|----------------|--------------------|
| T31<br>T32<br>T41<br>T42<br>Arcenes   | Rodadura            | AF 5           | 1-2                |
|   |                     | AF 8           | 2-4                |
|   |                     | AF 11          | 4-6                |
|   | Intermedia          | AF 8(*)        | Variable, máximo 4 |
|   |                     | AF 11(*)       | Variable, máximo 6 |
|   |                     | AF 16          | 4-6                |
|   |                     | AF 22          | 6-8                |
| (*)Estas granulometrías se emplearán únicamente en capas intermedias para regularización. |                     |                |                    |

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las dotaciones mínima y máxima de ligante hidrocarbonado residual de la mezcla que, en cualquier caso, deberá cumplir lo indicado en la tabla 541.8, según la categoría de tráfico pesado y la posición de la capa en el firme.

**TABLA 541.8 – DOTACIONES MÍNIMA Y MÁXIMA DE LIGANTE HIDROCARBONADO RESIDUAL (% en masa sobre el total de la mezcla)**

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO   | POSICIÓN DE LA CAPA | RANGO DE DOTACIÓN(*) (%) |
|---|---------------------|--------------------------|
| T31<br>T32<br>T41   | Rodadura            | 4,2-4,8                  |
| T42<br>Arcenes  | Intermedia          | 3,3-4,2                  |
| (*)La dotación máxima estará condicionada, en todos los casos, a que no se produzca escurrimiento de ligante. |                     |                          |

En el caso de que la densidad de los áridos (norma UNE-EN 1097-6), sea diferente a dos gramos y sesenta y cinco centésimas de gramo por centímetro cúbico ( $2,65 \text{ g/cm}^3$ ), los contenidos mínimos y máximos de ligante de la tabla 541.8 se deberán corregir



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

#### 541.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

##### 541.4.1 Consideraciones generales

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

Cuando sea necesario aplicar un tratamiento antiadherente sobre 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, ni para el medioambiente, debiendo ser aprobados por la Dirección de la obra. No se permitirá en ningún caso el empleo de productos derivados de la destilación del petróleo.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

##### 541.4.2 Central de fabricación

La fabricación de las mezclas bituminosas abiertas en frío se realizará preceptivamente en centrales de mezclado, las cuales pueden ser fijas o móviles.

Las centrales de mezclado podrán ser de tipo continuo o discontinuo. Estarán provistas de dispositivos adecuados que permitan dosificar, por separado, la emulsión bituminosa y los áridos, con una precisión compatible con las tolerancias fijadas en la tabla 541.11.

Si se utilizan centrales específicas de funcionamiento continuo para mezclas en frío, podrán ser de dosificación volumétrica, pero en este caso se deberá extremar el cuidado en la elección de los áridos (uniformidad y limpieza), así como en la formación de acopios. El mezclador de la central deberá contar con algún sistema que permita regular el tiempo de mezclado, bien por compuerta o por inclinación del mezclador y la producción se ajustará para conseguir que el nivel de mezcla dentro del mezclador no sobrepase la altura alcanzada por las paletas.

Se podrán utilizar también las centrales para fabricación de mezclas bituminosas en caliente. En este caso, la fabricación de la mezcla bituminosa abierta en frío se realizará eliminando la actuación del quemador del tambor-secador. Además, el sistema de



almacenamiento, dosificación e incorporación de la emulsión al mezclador será independiente del correspondiente al de almacenamiento, dosificación e incorporación del betún.

Las tolvas de almacenamiento de los áridos deberán tener paredes resistentes y estancas, con bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente. La separación entre las tolvas será la suficiente para evitar contaminaciones entre ellas. Su número mínimo dependerá del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero en todo caso no será inferior a dos ( $\geq 2$ ) para los tipos AF 8 y AF 11, y a tres ( $\geq 3$ ) para los tipos AF 16 y AF 22. Las tolvas de alimentación de los áridos deberán estar provistas de dispositivos de salida que puedan ser ajustados con precisión, y mantenidos en cualquier ajuste.

El sistema de almacenamiento y alimentación de emulsión será el adecuado para permitir una buena circulación con caudal uniforme y asegurar una correcta dosificación, cuidando especialmente de que en las válvulas no existan fugas, goteos ni obstrucciones.

En el caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá contar con un sistema de dosificación específico.

La Dirección de la obra aprobará la central de fabricación, una vez realizadas las pruebas de producción y comprobadas la correcta dosificación y homogeneización de la mezcla.

#### **541.4.3 Elementos de transporte**

Para el transporte de la mezcla a su lugar de empleo se utilizarán camiones volquetes de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia y que se tratará, para evitar que la mezcla se adhiera a ella.

La forma y la altura de la caja de los camiones deberán ser tales que, si el vertido se realiza en la tolva de una extendedora, el camión solo toque a esta 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 y a la capacidad del equipo de extensión, con el fin de reducir las paradas al mínimo. Deberán disponer de una lona o cobertor adecuado que cubra totalmente la caja del camión, de forma que la mezcla quede protegida durante el transporte.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (115 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>



#### 541.4.4 Equipo de extensión

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá el tipo y las características del equipo de extensión.

El equipo estará dotado de los dispositivos necesarios para extender la mezcla con la anchura, el espesor y la configuración definidos en los Planos del Proyecto. Su capacidad y su potencia motriz serán las adecuadas a la producción prevista.

Se emplearán preferentemente extendedoras autopropulsadas. En el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se indicará si se admite el empleo de motoniveladora en las capas intermedias para regularización. Las extendedoras deberán estar dotadas de un dispositivo automático de nivelación. Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste o por otras causas.

Las anchuras máxima y mínima de la extensión se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por la Dirección de la obra. Si a la extendedora se pudieran acoplar piezas para aumentar su anchura, estas deberán quedar perfectamente alineadas con las originales.

En lugares inaccesibles para la extendedora y en bacheos en pequeñas áreas, el extendido se podrá realizar de forma manual.

#### 541.4.5 Equipo de compactación

Se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá la composición mínima del equipo de compactación y será aprobada por la Dirección de la obra a la vista de los resultados del tramo de prueba.

Todos los tipos de compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores de sentido de marcha de acción suave, y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores de llantas metálicas no presentarán surcos ni irregularidades en ellas. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de su marcha. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en



número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las ruedas delanteras con las traseras.

Los pesos y las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos tipos de compactadores serán aprobadas por la Dirección de la obra, después del correspondiente tramo de prueba, y serán las necesarias para conseguir una compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, sin producir roturas del árido ni arrollamientos.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretende realizar, previa aprobación de la Dirección de la obra.

## 541.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

### 541.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La fabricación y la puesta en obra de la mezcla no se iniciarán hasta que se haya aprobado por la Dirección de la obra la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación. Dicha fórmula fijará como mínimo las siguientes características:

- La identificación y proporción de cada fracción del árido en la mezcla.
- La granulometría de los áridos combinados por los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico dado en la tabla 541.6.
- El tipo de emulsión bituminosa y la dotación en masa de ligante residual, referida a la masa del total de la mezcla.
- El tiempo exigido para la mezcla de los áridos con la emulsión bituminosa.
- En el caso de que se empleen aditivos a la mezcla, se incluirán las prescripciones necesarias sobre su tipo, su dotación sobre la masa total de la mezcla, su forma de incorporación y el tiempo de mezclado.
- En su caso, el tipo y la dosificación de las adiciones a la emulsión, referida a la masa total de emulsión.
- El porcentaje de huecos de la mezcla, que no deberá diferir del obtenido en el estudio previo de laboratorio en más de un dos por ciento (+/- 2 %) ni ser inferior al dieciocho por ciento ( $\geq 18\%$ ).

En el estudio previo de la fórmula de trabajo se ajustará el tipo, formulación y dosificación de la emulsión a las características de los áridos, de forma que la rotura de

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (117 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>



la emulsión se produzca lo más rápidamente posible después de salida del mezclador para optimizar la envuelta de los áridos y minimizar el riesgo de escurrimiento en el acopio de la mezcla o en el transporte, de manera que cumpla los criterios establecidos en este artículo.

El contratista deberá entregar a la Dirección de la obra, para su aceptación, las características de las mezclas respecto de las siguientes propiedades:

- Contenido de huecos y densidad aparente asociada a este valor.
- Tiempo de rotura de la emulsión y calidad de la envuelta de la mezcla.
- La adhesividad frente al agua.
- El escurrimiento de ligante.
- Cuando proceda, la pérdida de partículas en seco (norma UNE-EN 12697-17).

Cumpliendo, en todo caso, los mínimos establecidos en la tabla 541.8, la dosificación de la emulsión bituminosa se podrá estimar a partir de la siguiente expresión basada en la superficie específica de los áridos:

$$BR = (K/100) \cdot (3 \cdot A + 4,5 \cdot B + 6 \cdot C),$$

siendo:

- BR* proporción de betún residual sobre la masa seca de los áridos.
- K* coeficiente de riqueza, cuyo valor es uno (1) en capas de rodadura y nueve décimas (0,9) en capas inferiores.
- A* porcentaje de áridos retenido por el tamiz 8 mm.
- B* porcentaje de áridos que pasa por el tamiz 8 mm y es retenido por el tamiz 4 mm.
- C* porcentaje de áridos que pasa por el tamiz 4 mm.

El tiempo de rotura y la envuelta de la emulsión bituminosa frente a los áridos combinados se valorarán mediante los ensayos recogidos en la norma NLT-145. El tiempo de rotura no superará los noventa segundos ( $\leq 90$  s) y la envuelta deberá ser satisfactoria.

La adhesividad frente al agua, determinada según la norma NLT-196, deberá ser buena antes de la acción del agua en forma de lluvia y aceptable después de dicha acción. La proporción cubierta deberá ser superior al ochenta por ciento ( $> 80$  %).

Deberá comprobarse que, con la dosificación fijada, no se produce un escurrimiento de ligante de la mezcla superior al uno por ciento ( $\leq 1$  %), realizando el ensayo (norma

FIRMADO



UNE-EN 12697-18) mediante el método de la cesta a temperatura ambiente. En caso contrario, deberá ajustarse la velocidad de rotura de la emulsión bituminosa, o bien la granulometría de los áridos combinados, en cuyo caso se repetirá el proceso de dosificación.

El procedimiento para la preparación, curado y ensayo de las probetas deberá constar de los siguientes pasos:

- 1) Una vez fabricada la mezcla se fabricarán las probetas compactándolas según lo indicado en la norma UNE-EN 12697-30, aplicando cincuenta (50) golpes por cara.
- 2) Una vez compactadas las probetas, se harán deslizar hasta dejarlas enrasadas con una de las aberturas del molde.
- 3) Se apoyarán las probetas sobre una superficie rígida y perforada (por ejemplo, una rejilla metálica con perforaciones de 3-4 mm).
- 4) Se introducirán las probetas y los soportes en una estufa de convección forzada a una temperatura de  $45 \pm 2$  °C, dejándolas curar durante cuarenta y ocho horas (48 h).
- 5) Al finalizar este período de tiempo se observará si en la base de las probetas se ha producido escurrimiento de betún. Si apareciese escurrimiento de betún, se deberá abandonar el ensayo y actuar sobre el ligante bituminoso y/o sobre la granulometría de la mezcla.
- 6) Si no hubiese escurrimiento, se dejará enfriar las probetas mínimo dos horas (2 h), hasta temperatura ambiente, para desmoldarlas posteriormente.
- 7) Una vez desmoldadas cada una de las probetas, se envolverá lateralmente con una tira sujetadora de plástico (tipo mosquitera de 2 mm de luz de malla), que se fija a la probeta con gomas elásticas.
- 8) Se colocarán de nuevo las probetas sobre la bandeja, apoyadas sobre su base, y se introducirá el conjunto en la estufa con ventilación forzada para su curado a cuarenta y cinco grados Celsius ( $45 \pm 2$  °C) durante ciento veinte horas (120 h). El tiempo empleado en desmoldar las probetas, ponerles la malla sujetadora y meterlas en la estufa no deberá exceder de las 4 horas ( $\leq 4$  h).

Se determinará el contenido de huecos según la norma UNE-EN 12697-8, que no será inferior al dieciocho por ciento ( $\geq 18$  %). Para el cálculo del contenido de huecos es necesario determinar previamente la densidad máxima, según la norma UNE-EN 12697-5, siguiendo el procedimiento volumétrico en agua, sobre muestra curada (siete días a 45 °C).

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (119 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>



Para mezclas a emplear en capa de rodadura, la pérdida de partículas por desgaste en seco, siguiendo lo indicado en la norma UNE-EN 12697-17 pero sometiendo las probetas a doscientas vueltas (200), no deberá ser superior al veinticinco por ciento ( $\leq 25\%$ ).

Si la marcha de las obras lo aconsejase, la Dirección de la obra podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, con objeto de mejorar la calidad de la mezcla, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. Se estudiará y aprobará una nueva fórmula siempre que varíe la procedencia de alguno de los componentes, o si durante la producción se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo.

#### **541.5.2 Preparación de la superficie existente**

Se comprobarán la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender la mezcla. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, indicará las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable y, en su caso, a reparar zonas con algún tipo de deterioro.

Si la superficie existente estuviese constituida por un material no tratado, se aplicará sobre ella un riego de imprimación (artículo 530 del PG3); en el caso de una superficie tratada con un ligante o conglomerante, se aplicará un riego de adherencia (artículo 531 del PG3). Los riegos se realizarán con arreglo a las prescripciones de los artículos correspondientes de este Pliego, con la salvedad de que no se podrán emplear emulsiones termoadherentes en el riego de adherencia, y del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Se comprobará que haya transcurrido el plazo de rotura o de curado de estos riegos, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie; asimismo, si hubiera transcurrido mucho tiempo desde su aplicación, se comprobará que su capacidad de unión con la mezcla no hubiera disminuido en forma apreciable; en caso contrario, la Dirección de la obra podrá ordenar una nueva aplicación.

#### **541.5.3 Aprovisionamiento**

##### **541.5.3.1 Aprovisionamiento de la emulsión**

El volumen mínimo de almacenamiento de cada tipo de emulsión a emplear será el correspondiente a un día de producción.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (120 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

Se cumplirán las prescripciones de la norma UNE-EN 13808 y de su anejo nacional o de la norma UNE 51603, según sea catiónica o aniónica respectivamente, de acuerdo con lo indicado en el apartado 541.2.2 de este artículo, y las del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

#### 541.5.3.2 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 de fracciones será el necesario para cumplir las tolerancias exigidas a la granulometría de la mezcla en la tabla 541.11 de este artículo.

El volumen mínimo de los acopios con los que se debe contar antes de iniciar la producción será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En el caso de obras pequeñas, con un volumen total inferior a quinientos metros cúbicos (< 500 m<sup>3</sup>), deberá estar acopiada la totalidad de los áridos antes de empezar la fabricación de la mezcla. En obras de mayor tamaño, el volumen mínimo a exigir en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares será el menor del treinta por ciento (30 %) del volumen total de la obra o el correspondiente a quince días (15 d) de producción máxima del equipo de fabricación.

Cada fracción de árido se acopiará separada de las demás para evitar contaminaciones entre ellas. Si los acopios se dispusiesen sobre el terreno natural, no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios se construirán por capas sensiblemente horizontales de espesor no superior a un metro y medio ( $\leq 1,5$  m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un árido.

#### 541.5.4 Fabricación de la mezcla

La carga de las tolvas de áridos se realizará de forma que estén siempre llenas entre el cincuenta y el cien por cien (50 a 100 %) de su capacidad, sin llegar a rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.



Las salidas de las tolvas y los dosificadores de áridos se regularán de forma que se obtenga la granulometría de la fórmula de trabajo con el caudal necesario para la producción prevista.

Si la central es de tipo continuo, se introducirán en el mezclador los áridos y la proporción de emulsión establecida.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido en el mezclador los áridos, se agregará la cantidad de emulsión precisa para cada amasada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La emulsión deberá estar ajustada a las características del árido, de forma que la rotura de la emulsión se produzca lo más rápidamente posible después de la salida del mezclador, de manera que se optimice la envuelta de los áridos y se minimice el riesgo de escurrimiento en el acopio de la mezcla o en el transporte.

Previamente al comienzo de la obra, se realizará una calibración completa de los sistemas de dosificación de áridos y de emulsión, debiendo repetirse cada vez que haya variaciones en el suministro de materiales.

Una vez realizadas las pruebas de producción y comprobada la correcta dosificación y homogeneización de la mezcla, la Dirección de la obra aprobará el equipo de fabricación.

#### **541.5.5 Acopio de la mezcla**

La mezcla bituminosa abierta en frío se podrá almacenar en silos o en pilas convenientemente dispuestos y, en su caso, protegidos de la intemperie. El tiempo de almacenamiento del material preparado vendrá determinado por la pérdida de trabajabilidad, esto es, por una aglomeración de la mezcla en los acopios que impida su manipulación y posterior puesta en obra.

La superficie sobre la que se acopie la mezcla debe estar preferentemente pavimentada y lo más limpia posible. Cuando se acopie sobre una superficie no pavimentada, la pala cargadora deberá dejar, al menos, diez centímetros ( $\geq 10$  cm) en la base del acopio para evitar la contaminación con el material existente en el terreno. En cualquier caso, se comprobará que la superficie del acopio esté bien drenada y que los acopios se forman por capas de altura no superior a metro y medio ( $\leq 1,5$  m), evitando los acopios cónicos, y tomando las medidas oportunas para evitar segregaciones.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (122 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>



### 541.5.6 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará hasta el lugar de empleo evitando su segregación.

Cualesquiera que sean las condiciones climáticas, se protegerá la mezcla con un cobertor adecuado que cubra totalmente la caja del camión.

### 541.5.7 Extensión de la mezcla

A menos que la Dirección de la obra permita otro procedimiento, la extensión comenzará por el borde inferior, y se realizará por franjas longitudinales. La anchura de estas franjas se fijará de manera que se consiga la mayor continuidad de la extensión teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características del equipo de extensión y la producción de la central.

La mezcla se extenderá siempre en una sola tongada. 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.

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, después de la compactación, se obtengan las rasantes y secciones definidas en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el apartado 541.7.3.

Para las capas intermedias para regularización, si la extensión se efectúa con motoniveladora, esta deberá trabajar con la hoja llena, prácticamente perpendicular al eje de la carretera, con el fin de evitar segregaciones, y sin que la hoja toque la capa inferior.

Cualquiera que sea el procedimiento utilizado, la operación de extensión se detendrá si se observa que se produce segregación, contaminación o falta de uniformidad en la textura superficial, y se procederá a efectuar las correcciones necesarias para impedirlo.

### 541.5.8 Compactación de la mezcla

La compactación se realizará según el método y con los equipos aprobados por la Dirección de la obra, de acuerdo con los resultados obtenidos en el tramo de prueba, continuándose hasta que se alcance el contenido de huecos establecido en el apartado 541.7.1.



Si la extensión de la mezcla se realizase a todo el ancho de la calzada, la compactación se realizará longitudinalmente, por franjas, de manera continua y sistemática, comenzando por los bordes, progresando hacia el centro y solapándose en cada recorrido una anchura no inferior a un tercio de la anchura del compactador.

Si la extensión de la mezcla se realizase por franjas contiguas, al compactar la primera de ellas se dejarán sin compactar longitudinalmente los quince centímetros (15 cm) limítrofes con la siguiente franja adyacente, de tal manera que, al compactar esta, el compactador pasará a compactar esos quince centímetros (15 cm) contiguos de la primera, evitando así la junta longitudinal. En todo caso, se evitará que los camiones circulen sobre la zona sin compactar.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano a la extendidora. Los cambios de dirección y sentido se harán sobre la mezcla ya compactada, con suavidad. Se cuidará de que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

#### 541.5.9 Juntas

Se dispondrán juntas de trabajo transversales entre tramos ejecutados en jornadas distintas. Las juntas de trabajo transversales se dispondrán de forma que su borde quede vertical, recortando parte de la capa terminada. Se aplicará en la junta una capa uniforme y delgada de emulsión bituminosa de adherencia, antes de reanudar la extensión de la mezcla.

Se recomienda que la compactación de las juntas transversales se realice con rodillo metálico y, siempre que sea posible en el sentido perpendicular al eje y con una ligera vibración.

Si se trabaja por fracciones de la anchura total, se dispondrán juntas longitudinales si transcurre más de una jornada entre la extensión de franjas contiguas. Estas juntas no deberán coincidir en ningún caso con las zonas de rodada.

Las juntas de tongadas superpuestas guardarán una separación mínima de cinco metros ( $\geq 5$  m) entre las transversales y de quince centímetros ( $\geq 15$  cm) entre las longitudinales.

#### 541.5.10 Terminación

Se eliminarán los excesos laterales que no tengan la compactación adecuada, excepto si forman parte del talud exterior de la plataforma, en cuyo caso se tratarán según lo

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (124 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>



establecido en el artículo 341 “Refino de taludes” de este Pliego (PG3) y, en su caso, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Si existiera riesgo de que la mezcla recién extendida se adhiriera a las ruedas de los compactadores de neumáticos, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, podrá establecer la necesidad de ejecutar un enarenado sobre la superficie de la mezcla.

El árido a utilizar será una arena 0/4, procederá totalmente de trituración y cumplirá con la categoría GA85 según la norma UNE-EN 13043. El contenido de finos cumplirá con la categoría f<sub>16</sub> según la norma UNE-EN 933-1. La totalidad del árido deberá pasar por el tamiz 4 mm de la norma UNE-EN 933-2, y no contener más de un quince por ciento ( $\leq 15\%$ ) de partículas cernidas por el tamiz 0,063 mm de la norma UNE-EN 933-2. Deberá estar exento de suciedad, terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas. Su equivalente de arena, según la norma UNE-EN 933-8, deberá ser superior a cuarenta ( $SE > 40$ ) y deberá ser no plástico, según la norma UNE-EN ISO 17892-12.

Su dotación será fijada por la Dirección de la obra, y en ningún caso será inferior a dos litros por metro cuadrado ( $\geq 2 \text{ l/m}^2$ ) ni superior a cinco litros por metro cuadrado ( $\leq 5 \text{ l/m}^2$ ).

En su aplicación se emplearán camiones provistos de dispositivos que aseguren una extensión uniforme y ajustada a la dotación prevista. Ocasionalmente, previa aprobación de la Dirección de la obra podrá extenderse la arena de forma manual mediante palas y cepillos.

El apisonado del árido deberá realizarse con compactadores de neumáticos, procediendo, a continuación, a eliminar el árido sobrante mediante barrido.

#### 541.6 TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa abierta en frío será preceptiva la realización de un tramo de prueba para comprobar la fórmula de trabajo, la forma de actuación de los equipos de extensión y de compactación y, especialmente, el plan de compactación.

La longitud mínima del tramo de prueba será fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. La Dirección de la obra determinará si es aceptable la realización del tramo de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

Durante la ejecución del tramo de prueba se analizarán los aspectos siguientes:



## 541 MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO

- El funcionamiento de la central de fabricación de la mezcla.
- La correlación, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación de la emulsión bituminosa y del contenido de huecos establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y otros métodos rápidos de control.
- La composición y el método de actuación del equipo de extensión y de compactación, y en particular la relación entre el número de pasadas del equipo de compactación y el contenido de huecos en mezcla alcanzado.
- Se comprobará expresamente la macrotextura superficial obtenida, mediante el método volumétrico (norma UNE-EN 13036-1), que deberá cumplir los valores establecidos en la tabla 541.10.
- La correspondencia, en su caso, entre el método volumétrico y un texturómetro láser como medio rápido de control. En ese caso, se elegirán cien metros (100 m) del tramo de prueba, en el que se realizará la medición con el texturómetro láser que se vaya a emplear posteriormente en el control de la obra y se harán al menos cinco (5) determinaciones de la macrotextura (norma UNE-EN 13036-1). La correspondencia obtenida será aplicable exclusivamente para esa obra, con esa fórmula de trabajo y para ese equipo concreto de medición.

Se tomarán muestras de la mezcla y se ensayarán para determinar su conformidad con las condiciones especificadas.

A la vista de los resultados obtenidos, la Dirección 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. En el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir: estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en el equipo de fabricación o en el proceso de puesta en obra, etc.
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, aprobará su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar equipos suplementarios o sustitutorios.

No se podrá proceder a la ejecución sin que la Dirección de la obra haya autorizado su inicio en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (126 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>



**541.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA****541.7.1 Contenido de huecos**

La Dirección de la obra, a la vista de los resultados obtenidos en el tramo de prueba, fijará el contenido de huecos de la mezcla tras el proceso de compactación, el cual no deberá diferir en más de un dos por ciento (+/- 2 %) del valor definido en la fórmula de trabajo según lo indicado en el apartado 541.5.1, ni ser inferior al dieciocho por ciento ( $\geq 18 \%$ ), según la norma UNE-EN 12697-8.

**541.7.2 Rasante, espesor y anchura**

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en más de diez milímetros ( $\leq 10$  mm) en capas de rodadura o de quince milímetros ( $\leq 15$  mm) en capas intermedias.

El espesor de una capa no deberá ser inferior al previsto para ella en los Planos de secciones tipo del Proyecto.

Cada veinte metros (20 m) se comprobará la anchura extendida de cada semiperfil, que en ningún caso deberá ser inferior a la teórica deducida de los Planos de secciones tipo del Proyecto.

**541.7.3 Regularidad superficial**

Salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establezca unas limitaciones más estrictas, el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la norma NLT-330, obtenido de acuerdo con lo indicado en 541.9.4 deberá cumplir los valores de la tabla 541.9, según la posición de la capa.

**TABLA 541.9 - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)**

| PORCENTAJE DE<br>HECTÓMETROS | POSICIÓN DE LA CAPA |            |
|------------------------------|---------------------|------------|
|                              | Rodadura            | Intermedia |
| 50                           | < 1,5               | < 2,0      |
| 80                           | < 2,0               | < 2,5      |
| 100                          | < 2,5               | < 3,0      |



#### 541.7.4 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

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

Únicamente a efectos de recepción de las capas de rodadura, el Pliego de Prescripciones Técnicas, o en su defecto la Dirección de la obra, podrá exigir el cumplimiento de unos valores mínimos de la macrotextura superficial, obtenida mediante el método volumétrico según la norma UNE-EN 13036-1, o por el texturómetro láser como medio rápido de control, contrastados ambos en el tramo de prueba correspondiente, y de la resistencia al deslizamiento de la superficie de un pavimento, obtenida a través de la medición del coeficiente de rozamiento transversal (CRTS): SCRIM, según la norma UNE 41201 IN, que no deberán ser inferiores a los valores indicados en la tabla 541.10, en función del tipo de mezcla. No obstante, se podrán utilizar equipos de alto rendimiento de ensayo para la medida de la resistencia al deslizamiento alternativos, siempre que se demuestre una adecuada correlación entre sus resultados.

En el caso de realizarse el control de la macrotextura con el texturómetro láser, se tomará como valor la media cada cien metros (100 m) de los valores de la medida cada diez metros (10 m).

Para realizar el ensayo de macrotextura la superficie debe estar libre de árido sobrante del enarenado.

La medida de la resistencia al deslizamiento deberá realizarse una vez transcurridos dos meses de la puesta en servicio de la capa de rodadura, sin que hayan transcurrido más de tres meses. Si esta medida no se ha realizado en período seco, se realizará una segunda auscultación, transcurrido un período de tiempo no superior a diez meses desde la primera, y en período seco, ambas dentro del plazo de garantía de la obra. A estos efectos, se adopta como período seco aquel en el que la precipitación acumulada en los quince días anteriores a la realización de la medida no sea superior a 50 mm y transcurra entre los meses de junio y octubre, ambos inclusive. Se adoptará como valor de la resistencia al deslizamiento representativa del lote, según se define en el apartado 541.9.4, la que resulte más baja de las dos medidas.

En caso de incumplimiento de alguna de estas dos características se estará a lo dispuesto en el apartado 541.10.4.



**TABLA 541.10 - VALORES MÍNIMOS DE MACROTEXTURA SUPERFICIAL (MTD) Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO TRANSVERSAL (CRTS)**

| CARACTERÍSTICA   | TIPO DE MEZCLA |      |       |
|--|----------------|------|-------|
|  | AF 5           | AF 8 | AF 11 |
| <b>MACROTEXTURA SUPERFICIAL</b><br>(norma UNE-EN 13036-1) (*) (mm)   | 0,8            | 1,0  | 1,5   |
| <b>RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO</b><br>(norma UNE 41201 IN) (**) (%)   | 55(***)        |      |       |
| <p>(*) Medida inmediatamente después de la puesta en obra y, en el caso de haber utilizado un enarenado, después de un energético barrido.</p> <p>(**) Medida una vez transcurrido dos meses de la puesta en servicio de la capa.</p> <p>(***) Para categorías de tráfico T42 se admitirá un valor mínimo de 50.</p> |                |      |       |

#### 541.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa de la Dirección de la obra, solo se permitirá la puesta en obra de mezcla bituminosa abierta en frío si la temperatura ambiente a la sombra es superior a diez grados Celsius ( $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), y cuando no haya riesgo de que se produzcan precipitaciones atmosféricas.

No se podrá abrir la capa ejecutada a la circulación mientras no esté terminada su compactación y, en su caso, el barrido del árido sobrante del enarenado. Durante las primeras horas se procurará que el tráfico circule a baja velocidad y sin realizar maniobras bruscas sobre la mezcla.

#### 541.9 CONTROL DE CALIDAD

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el método de control, el tamaño del lote y el tipo y el número de ensayos a realizar. También se establecerán los métodos rápidos de control que pueden utilizarse y las condiciones básicas de empleo.

##### 541.9.1 Control de procedencia de los materiales

En el caso de productos que deban tener el marcado CE, se llevará a cabo la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara



alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, la Dirección 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, al 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 305/2011, se deberán llevar a cabo obligatoriamente los ensayos para el control de procedencia que se indican en los apartados siguientes.

#### **541.9.1.1 Control de procedencia de la emulsión bituminosa**

Cada cisterna de emulsión bituminosa que llegue a obra irá acompañada de un albarán y, en el caso de las emulsiones catiónicas, de la información relativa al etiquetado y marcado CE según la norma UNE-EN 13808. El albarán contendrá explícitamente los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.
- Fecha de fabricación y de suministro.
- Identificación del vehículo que la transporta.
- Cantidad que se suministra.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de emulsión bituminosa suministrada, de acuerdo con la denominación especificada en este artículo.
- Nombre y dirección del comprador y del destino.
- Referencia del pedido.

El etiquetado y marcado CE de las emulsiones catiónicas deberá incluir la información definida en el anejo ZA.3 de la norma UNE-EN 13808.

En el caso de las emulsiones aniónicas, el suministrador, además del albarán, deberá acompañar un certificado de análisis conforme a las características de la norma UNE 51603, que incluya, como mínimo, los siguientes datos:

- Contenido de ligante (norma UNE-EN 1428).
- Contenido de fluidificante (norma UNE-EN 1431).
- Viscosidad (tiempo de fluencia, norma UNE-EN 12846-1).

FIRMADO



- Características del ligante residual por destilación (norma UNE-EN 1431):
  - Penetración a 25 °C (norma UNE-EN 1426).
  - Punto de reblandecimiento (norma UNE-EN 1427).
  - En el caso de las emulsiones modificadas, energía de cohesión por fuerza ductilidad (norma UNE-EN 13589).

#### 541.9.1.2 Control de procedencia de los 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).

Cuando los áridos a emplear dispongan de marcado CE, se podrá llevar a cabo la verificación de los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE para deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en este artículo.

En caso contrario, áridos fabricados por el propio Contratista sin marcado CE, de cada procedencia y para cualquier volumen de producción previsto se tomarán cuatro (4) muestras (norma UNE-EN 932-1), y para cada una de ellas se determinará:

- La granulometría de cada fracción, según la norma UNE-EN 933-1.
- La proporción de partículas parcial y totalmente trituradas, según la norma UNE-EN 933-5.
- El índice de lajas, según la norma UNE-EN 933-3.
- El coeficiente de desgaste de Los Ángeles, según la norma UNE-EN 1097-2.
- El coeficiente de pulimento acelerado para capas de rodadura, según la norma UNE-EN 1097-8.
- Limpieza, según lo indicado en el apartado 541.2.3.7.
- La densidad relativa y la absorción, según la norma UNE-EN 1097-6.

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 de la Dirección de la obra.

La Dirección de la obra comprobará, además:

- La retirada de la eventual montera en la extracción de los áridos.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (131 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

- La exclusión de vetas no utilizables.
- La adecuación de los sistemas de trituración y clasificación.

### 541.9.2 Control de calidad de los materiales

#### 541.9.2.1 Control de calidad de la emulsión bituminosa

Se estará a lo indicado en el apartado 541.2.2. En particular, las emulsiones bituminosas catiónicas cumplirán lo indicado en la norma UNE-EN 13808 y su anejo nacional, y las emulsiones aniónicas lo indicado en la norma UNE 51603.

En cualquier caso, la Dirección de la obra, en el uso de sus atribuciones, podrá fijar algún otro criterio adicional para el control de recepción de las cisternas.

#### 541.9.2.2 Control de calidad de los 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 aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, suciedad, 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 propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación de los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE. No obstante, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la Dirección de la obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos con el objeto de asegurar sus propiedades y la calidad establecida en este artículo.

En los materiales que no tengan marcado CE se deberán hacer obligatoriamente los siguientes ensayos por cada fracción de árido que se produzca o reciba:

- Al menos dos (2) veces al día:
  - Análisis granulométrico, según la norma UNE-EN 933-1.
- Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:
  - Proporción de partículas parcial y totalmente trituradas, según la norma UNE-EN 933-5.
  - Índice de lajas, según la norma UNE-EN 933-3.
  - Limpieza, según lo indicado en el apartado 541.2.3.7.



- Al menos una (1) vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:
  - Coeficiente de desgaste de Los Ángeles, según la norma UNE-EN 1097-2.
  - Coeficiente de pulimento acelerado, si procede, según la norma UNE-EN 1097-8.
  - Densidad relativa y absorción, según la UNE-EN 1097-6.

Con independencia de lo anteriormente establecido y cuando la Dirección de la obra, en el uso de sus atribuciones, lo estime conveniente, se llevarán a cabo las series de ensayos que considere necesarios para la comprobación de las demás características reseñadas en este Pliego.

### 541.9.3 Control de ejecución

#### 541.9.3.1 Fabricación

Se tomarán diariamente, según la norma UNE-EN 932-1, un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde, de la mezcla de áridos, antes de la entrada al mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del árido combinado, según la norma UNE-EN 933-1.

En centrales de mezcla continua se calibrará al menos una vez a la semana el flujo de la cinta suministradora de áridos, deteniéndola cargada de áridos, y recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida. También semanalmente, al menos, se verificará la exactitud de las básculas de dosificación, si las hubiera.

Se tomarán muestras en la descarga del mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Control del aspecto de la mezcla. Se rechazarán todas aquellas segregadas o cuya envuelta no sea homogénea.
- Al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde), y al menos una (1) vez por lote, contenido de ligante residual, según la norma UNE-EN 12697-1, y granulometría de los áridos extraídos, según la norma UNE-EN 12697-2.
- Al menos una (1) vez a la semana, cuando sea de aplicación, sobre la mezcla fabricada se tomará muestra para realizar el ensayo de pérdida de partículas, según UNE EN 12697-17.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo, en proporción sobre la masa total del árido seco, serán las que se indican en la tabla 541.11.



**TABLA 541.11 - TOLERANCIAS RESPECTO A LA FÓRMULA DE TRABAJO SEGÚN LA CATEGORÍA DEL TRÁFICO PESADO (% en masa sobre el árido seco)**

| CARACTERÍSTICA                               |        | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |               |
|--|--------|-----------------------------|---------------|
|  |        | T31, T32 y T41              | T42 y arcenes |
| Cernido por el tamiz<br>(norma UNE-EN 933-2) | > 4 mm | ± 4 %                       | ± 6 %         |
|  | 4 mm   | ± 2 %                       | ± 3 %         |
|  | 2 mm   | ± 1 %                       | ± 1,5 %       |
| Ligante residual                             |        | ± 0,3 %                     |               |

### 541.9.3.2 Puesta en obra

#### 541.9.3.2.1 Extensión

Se medirá la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el apartado 541.8.

Antes de verter la mezcla desde el elemento de transporte se comprobará su aspecto y homogeneidad.

Se comprobará frecuentemente el espesor extendido mediante un punzón graduado.

#### 541.9.3.2.2 Compactación

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

- Que el número y el tipo de compactadores son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de limpieza y protección.
- El lastre y la masa total de los compactadores.
- La presión de inflado en los compactadores de neumáticos.
- La frecuencia y la amplitud de la vibración en los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

### 541.9.4 Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes a una (1) sola capa de mezcla:



- Quinientos metros (500 m).
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>).
- La fracción construida diariamente.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. Se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta un aspecto uniforme, sin segregaciones. Se verificará también la anchura de la capa para el cumplimiento de lo establecido en el apartado 541.7.2.

De cada lote se extraerán testigos en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a tres ( $\geq 3$ ), y sobre ellos se determinará su contenido de huecos y su espesor.

Se controlará la regularidad superficial en tramos de mil metros de longitud (1000 m), a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa, mediante la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la 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 apartado 541.7.2. 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 realizarán además los ensayos siguientes:

- Medida de la macrotextura superficial, según la norma UNE-EN 13036-1, inmediatamente después de la puesta en obra y, en el caso de haber utilizado un enarenado, después de un enérgico barrido (ver tabla 541.10), en tres (3) puntos del lote elegidos aleatoriamente.
- Determinación de la resistencia al deslizamiento, según la UNE 41201 IN, una vez transcurridos dos (2) meses de la puesta en servicio de la capa, sin que hayan pasado más de tres (3) meses. En caso de que no se alcancen los valores especificados en la tabla 541.10, se realizará otra medición, una vez haya transcurrido un período de tiempo no superior a diez (10) meses desde la primera medida, y en período seco.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (135 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

## 541.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

### 541.10.1 Contenido de huecos

El contenido de huecos obtenido no deberá diferir del rango indicado en el apartado 541.7.1. No más de tres ( $\leq 3$ ) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales fuera del rango establecido en dos puntos porcentuales ( $\pm 2\%$ ) de dicho contenido de huecos. Si el contenido de huecos medio obtenido estuviera fuera del rango especificado en el apartado 541.7.1, se procederá de la siguiente manera:

- Si el contenido de huecos medio obtenido estuviera fuera del rango especificado en más de un punto porcentual ( $> 1\%$ ), se levantará la capa de mezcla correspondiente al lote controlado y se repondrá por cuenta del Contratista.
- Si el contenido de huecos medio obtenido estuviera fuera del rango especificado un punto porcentual o menos ( $\leq 1\%$ ), se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10 %) a la capa de mezcla correspondiente al lote controlado.

### 541.10.2 Espesor

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el apartado 541.7.2. No más de tres ( $\leq 3$ ) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen del especificado en más de un diez por ciento (10 %).

Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia o de rodadura fuera inferior al especificado en el apartado 541.7.2, se procederá de la siguiente manera:

- Si el espesor medio obtenido fuera inferior al noventa por ciento ( $< 90\%$ ) del especificado, se rechazará la capa debiendo el Contratista levantarla mediante fresado y reponerla por su cuenta.
- Si el espesor medio fuera igual o superior al noventa por ciento ( $\geq 90\%$ ) del especificado, y no existieran zonas de posible encharcamiento, se aceptará la capa con una penalización económica del diez por ciento (10 %).

### 541.10.3 Rasante

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas en el apartado 541.7.2. Si se rebasaran dichas tolerancias, se procederá de la siguiente manera:

- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto, la Dirección 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.

- 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.

#### 541.10.4 Regularidad superficial

La regularidad superficial de la capa acabada deberá cumplir lo establecido en la tabla 541.9. En caso contrario:

- Si los resultados de la regularidad de la capa acabada incumplen de los límites establecidos en menos del diez por ciento ( $< 10\%$ ) de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se corregirán los defectos de regularidad superficial por cuenta del Contratista.
- Si los resultados de la regularidad de la capa acabada incumplen de los límites establecidos en más de un diez por ciento ( $\geq 10\%$ ) de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se extenderá por cuenta del Contratista una nueva capa de mezcla con el espesor que determine la Dirección de la obra.

#### 541.10.5 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial, no deberá ser inferior al valor especificado en la tabla 541.10. Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al valor previsto en la tabla 541.10, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta superior al noventa por ciento (90 %) del valor previsto en la tabla 541.10, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10 %).
- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al noventa por ciento ( $< 90\%$ ) del valor previsto en la tabla 541.10, se demolerá el lote y se repondrá la capa por cuenta del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un ( $\leq 1$ ) individuo del lote ensayado presente un resultado inferior al especificado en más del veinticinco por ciento ( $< 25\%$ ). De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se repetirán los ensayos, aplicándose los criterios descritos en este apartado. Si se mantuviera el



incumplimiento en una o dos de las partes, se demolerá el semilote y se repondrá la capa, cumpliendo lo prescrito en el Proyecto. En todos los casos las actuaciones que se realicen serán por cuenta del Contratista.

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor previsto en la tabla 541.10. Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al valor previsto en la tabla 541.10, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta superior al noventa por ciento (90 %) del valor previsto en la tabla 541.10, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10 %).
- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al noventa por ciento (90 %) del valor previsto en la tabla 541.10, se demolerá el lote y se repondrá la capa por cuenta del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un ( $\leq 1$ ) individuo de la muestra ensayada presente un resultado inferior al especificado en más de cinco unidades (5). De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se repetirán los ensayos, aplicándose los criterios descritos en este apartado. Si se mantuviera el incumplimiento en una o dos de las partes, se demolerá el semilote y se repondrá la capa, cumpliendo lo prescrito en el Proyecto. En todos los casos las actuaciones que se realicen serán por cuenta del Contratista.

#### 541.11 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 la capa de asiento no fuera construida bajo el mismo Contrato se deberá abonar la comprobación y, en su caso, la reparación de la superficie existente por metros cuadrados ( $m^2$ ) realmente ejecutados.

Los riegos de imprimación o de adherencia se abonarán de acuerdo con lo prescrito en los artículos 530 y 531, respectivamente, de este Pliego.

La fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas en frío se abonará por toneladas (t) realmente puestas en obra, determinadas mediante pesada de los camiones en báscula. Este abono incluye los áridos, incluido el asfalto recuperado de

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (138 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

## 541 MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO

mezclas bituminosas, y todas las operaciones de acopio, preparación, fabricación, puesta en obra y terminación. No serán de abono los sobrecanchos laterales, ni los aumentos de espesor consecuentes de la aplicación de la compensación de la merma de espesores de capas subyacentes.

Salvo en capas intermedias para regularización de firmes, no serán de abono los excesos de espesor que superen el diez por ciento (> 10 %) del previsto en los Planos de secciones tipo del Proyecto.

La emulsión bituminosa empleada en la fabricación de la mezcla se abonará por toneladas (t), obtenidas aplicando a la medición abonable de fabricación y puesta en obra la dosificación media deducida de los ensayos de control de cada lote.

Las adiciones a la emulsión, si las hubiere, solo se abonarán separadamente si lo establece explícitamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y su precio unitario figura en el Cuadro de Precios del Proyecto. Su abono se hará por toneladas (t), obtenidas aplicando a la medición de emulsión la dosificación aprobada.

Los aditivos a la mezcla, si los hubiere, se abonarán por toneladas (t), obtenidas aplicando a la medición de la mezcla la dosificación aprobada.

El enarenado de la superficie, en su caso, se abonará por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados, medidos sobre el terreno.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (139 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>



**NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO**

|               |  |
|---------------|--|
| NLT-145       | Envuelta de áridos con las emulsiones bituminosas.   |
| NLT-196       | Envuelta y resistencia al desplazamiento por el agua de las emulsiones bituminosas.  |
| NLT-330       | Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.   |
| UNE 41201 IN  | 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 51603     | Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de emulsiones bituminosas aniónicas.  |
| UNE-EN 932-1  | Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.   |
| UNE-EN 933-1  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.   |
| UNE-EN 933-2  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.   |
| UNE-EN 933-3  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.  |
| UNE-EN 933-5  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas del árido grueso.  |
| UNE-EN 933-8  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena   |
| UNE-EN 1097-2 | Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.  |
| UNE-EN 1097-6 | Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.   |

FIRMADO



## 541 MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO

|                 |  |
|-----------------|--|
| UNE-EN 1097-8   | Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado.                |
| UNE-EN 1426     | Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la penetración con aguja.   |
| UNE-EN 1427     | Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento. Método del anillo y bola.   |
| UNE-EN 1428     | Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del contenido de agua en las emulsiones bituminosas. Método de destilación azeotrópica.                    |
| UNE-EN 1431     | Betunes y ligantes bituminosos. Determinación por destilación del ligante residual y de los fluidificantes en las emulsiones bituminosas.                |
| UNE-EN 1744-3   | Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 3: Preparación de eluatos por lixiviación de áridos.                               |
| UNE-EN 12697-1  | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 1: Contenido de ligante soluble.  |
| UNE-EN 12697-2  | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas.                 |
| UNE-EN 12697-5  | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.  |
| UNE-EN 12697-6  | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.  |
| UNE-EN 12697-8  | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.                                      |
| UNE-EN 12697-17 | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 17: Pérdida de partículas de una probeta de mezcla bituminosa drenante. |
| UNE-EN 12697-18 | Métodos de ensayo para mezclas en caliente. Parte 18: Ensayo de escurrimiento del ligante  |
| UNE-EN 12697-30 | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 30: Preparación de probetas mediante compactador de impactos.           |

FIRMADO



## 541 MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO

|                     |  |
|---------------------|--|
| UNE-EN 12846-1      | Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 1: Emulsiones bituminosas.   |
| UNE-EN 13036-1      | 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        | Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas.  |
| UNE-EN 13398        | Betún y ligantes bituminosos. Determinación de la recuperación elástica de betunes modificados.  |
| UNE-EN 13589        | Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de betunes modificados por el método de fuerza-ductilidad.  |
| UNE-EN 13808        | Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de emulsiones bituminosas catiónicas.   |
| UNE-EN 13808        | Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas y su anejo nacional.   |
| UNE-EN ISO 17892-12 | Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos. Parte 12: Determinación del límite líquido y del límite plástico.   |

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
 DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 142 (142 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

