



**ORDEN CIRCULAR OC 1/2024 SOBRE MATERIALES COMPUESTOS DE ÁRIDOS Y EMULSIÓN BITUMINOSA, FABRICADOS Y PUESTOS EN OBRA A TEMPERATURA AMBIENTE, DENOMINADOS GRAVAEMULSIÓN, TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MEDIANTE RIEGOS CON GRAVILLA, MICROAGLOMERADOS EN FRÍO Y MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO**

La Dirección General de Carreteras (DGC) ha venido adoptando en los últimos años sucesivas medidas orientadas a garantizar la sostenibilidad general de la Red de Carreteras del Estado (RCE), habiéndose sumado, pese a su complejidad, el campo de los firmes de carretera y los materiales que los componen, al proceso de cambios innovativos de gran alcance del cual ya se han obtenido resultados importantes en cuanto a firmes y sus pavimentos si bien en modo alguno puede darse por terminado pues deben continuarse los esfuerzos dirigidos a adaptarse a las crecientes exigencias en las distintas vertientes de la sostenibilidad e ir incorporando los nuevos conocimientos, experiencias y avances nacionales e internacionales.

Con la mirada puesta principalmente en la durabilidad y sostenibilidad de los firmes y en lo medioambiental, se han incorporado sucesivamente las mezclas bituminosas tipo SMA (OC 3/2019) y las mezclas bituminosas tipo AUTL (OC 3/2022) para capas de rodadura, en apoyo de soluciones más durables, y mediante la reciente OC 2/2023 se ha revisado lo referente a la reutilización de capas de firmes y pavimentos bituminosos con el objetivo de que las actuaciones en firmes sean concebidas como un elemento más de la “economía circular” y de que los proyectos de carretera se encaminen hacia soluciones sostenibles que contribuyan a reducir el impacto ambiental del conjunto de su ciclo de vida.

Son varias las medidas adicionales, innovativas y de importante alcance que, desde hace algún tiempo, y en paralelo, están siendo elaboradas por la DGC destinadas a profundizar, en diversos aspectos relativos a los firmes y sus pavimentos, esta línea de sostenibilidad y de aprovechamiento de las experiencias, conocimientos y avances que nacional e internacionalmente se están logrando y compartiendo.

La presente Orden Circular recoge un nuevo resultado centrado ahora en diversos materiales que, basados en áridos y en emulsión bituminosa, tienen en común que su fabricación y puesta en obra o aplicación es a temperatura ambiente, por ser estos merecedores de renovada atención, recuperación de su empleo en carreteras y actualización de su normativa por razones que no se limitan a las ya de por sí importantes medioambientales o presupuestarias sino que también son de eficiencia y de racionalización de soluciones que adoptar según sea la funcionalidad y tipología de la vía en la que se empleen.

A dichas razones se añade la conveniencia y oportunidad de colaborar y servir, en su caso, de guía o apoyo técnico a otras administraciones de carretera, especialmente de aquellas cuya responsabilidad





principal sea la gestión de carreteras y vías de cualquier tipo cuya función sea de naturaleza capilar, como es el caso de gran parte de la movilidad por carretera en el ámbito rural la cual, casi siempre, es atendida por las Administraciones Locales por lo que estas están, en muchas ocasiones, necesitadas, o les es de gran utilidad, de disponer de soluciones que, sin gran coste, sirvan para mantener un suficiente nivel de servicio para los usuarios.

Todo lo anterior es sin olvidar que en la gestión de la RCE se incluye también, entre otros tipos de vías, numerosos caminos, antiguos tramos residuales, vías de servicio, o tramos de carreteras convencionales sin travesías y paralelos a vías de gran capacidad, que tienen todos ellos baja, o muy baja, intensidad de circulación normalmente debido a que su funcionalidad principal es meramente la de servir de vía de acceso a predios colindantes y que por ello son también susceptibles de soluciones eficientes y de relativo bajo coste.

Desde su redacción original el PG-3 ha ido incluyendo, entre otros, a los materiales y unidades de obra más empleadas y consideradas en cada momento más eficaces y adecuadas para la construcción de firmes de carretera y sus pavimentos lo que ha conllevado un largo, y en ocasiones complicado, proceso de modificaciones, incorporaciones y derogaciones en su Parte 5ª “Firmes” que ha alcanzado hasta nuestros días y que puede resumirse, por lo que al contenido de la presente Orden Circular se refiere, de la siguiente manera:

- Inicialmente la mencionada Parte 5ª del PG-3 incluía en su Capítulo II “Suelos estabilizados y gravas tratadas”, entre otros materiales, a la entonces denominada “grava-emulsión” (artículo 514), al tiempo que en su Capítulo III “Riegos y macadam bituminosos” incluía, también entre otros, a los entonces denominados “tratamientos superficiales” (artículo 532), y en su Capítulo IV “Mezclas bituminosas” a los “Tratamientos superficiales con lechada bituminosa” (artículo 540) y a las “Mezclas bituminosas en frío” (artículo 541).
- Posteriormente, mediante OC 297/1988 se modificó, entre otros, el mencionado artículo 540 y se creó el artículo 533 dedicado a los “Tratamientos superficiales mediante riegos con gravillas”.
- Las técnicas basadas en frío fueron durante un tiempo paulatinamente relegadas, como quedó demostrado por la Orden FOM/891/2004 por la que se actualizan determinados artículos relativos a firmes y pavimentos, mediante la cual se derogó, entre otros, a los artículos 514 “Grava-emulsión”, 532 “Tratamientos superficiales”, y 541 “Mezclas bituminosas en frío”, y se revisó definitivamente el artículo 540 “Tratamientos superficiales con lechada bituminosa” que además pasó a denominarse “Lechadas bituminosas”, revisión esta que se había iniciado mediante la previa Orden Circular 5/2001.

Es decir, en aquel momento el empleo en la RCE de técnicas en frío quedaba en la práctica reducido a las lechadas bituminosas y a los esporádicos reciclados en frío *in situ* con emulsión —objeto estos últimos de la OC 8/2001 sobre reciclado de firmes, mediante la que se había iniciado la tramitación oficial del PG-4—.





- La OC 29/2011 supuso un cierto cambio en favor de las técnicas en frío pues revisó al artículo 540, que pasó a denominarse “Microaglomerados en frío” (MICROF), siendo de destacar que en dicha Orden Circular se menciona expresamente al respecto de estos materiales «su idoneidad ante cuestiones relativas a la sostenibilidad y a la eficiencia».

Ello fue el antecedente al texto definitivo del mencionado artículo 540 “Microaglomerados en frío” recogido en la Orden FOM/2523/2014 por la que se actualizaron diversos artículos de la Parte 2 “Materiales básicos”, la Parte 5 “Firmes y pavimentos” y la Parte 7 “Señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos” y es interesante señalar que en la mencionada Orden, al tratar acerca de algunos aspectos referentes a los criterios y prescripciones nuevas, se destaca explícitamente «La necesidad de acentuar en el contexto actual, la importancia de los microaglomerados en frío en su función de rehabilitación superficial para aportar una mejora de la macrotextura y de la resistencia al deslizamiento, así como por su idoneidad ante cuestiones relativas a la sostenibilidad y a la eficiencia.».

La posterior Orden FOM/510/2018, de 8 de mayo, por la que se modifica la Orden FOM/233/2014 se limitó a anular, por lo que al artículo 540 se refiere, su último apartado relativo a «Normas referidas en este artículo» y sustituirlo por el «Anejo 1. Relación de Normas» que figura en el anexo de dicha Orden FOM/510/2018.

En resumen, actualmente el PG-3 tan sólo contempla, de entre los materiales fabricados y aplicados a temperatura ambiente compuestos por áridos y emulsiones bituminosas, a los denominados como MICROF (microaglomerados en frío), objeto del artículo 540, por lo que, por los motivos arriba expuestos, que se suman a la creciente importancia que se está otorgando a la descarbonización de la economía y a la adopción de medidas que disminuyan la huella de carbono de las actuaciones en carreteras, y tras consultas con expertos y partes interesadas del sector parece el momento adecuado de recuperar, para su empleo en la RCE, con las necesarias actualizaciones, algunos de los materiales cuya normalización técnica en el PG-3, con el paso del tiempo, había sido derogada y aprovechar asimismo para actualizar la redacción dada a su artículo 540 dedicado a los MICROF, adaptando las especificaciones de todos ellos a los cambios que se han venido produciendo y a los conocimientos adquiridos.

En conclusión, con el objetivo de seguir avanzando en la senda de la sostenibilidad y la descarbonización, se quiere facilitar el empleo de materiales compuestos de áridos y emulsión bituminosa, más agua en algún caso, así como ocasionalmente aditivos, fabricados y puestos en obra a temperatura ambiente, ampliando así el abanico de soluciones eficientes ante las diversas circunstancias, retos y objetivos que en cada momento se puedan plantear, por lo que se ha decidido:

- Proceder a la reincorporación al PG-3 de la gravaemulsión, los tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla, y las mezclas bituminosas abiertas en frío.
- Dar nueva redacción al artículo 540 Microaglomerados en frío.





Los artículos 29, 40 y 51 del Reglamento General de Carreteras aprobado por Real Decreto 1812/1994 de 2 de septiembre y modificado por los Reales Decretos 1911/1997 de 19 de diciembre, 597/1999 de 16 de abril, y 114/2001 de 9 de febrero, facultan a la persona titular del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, a propuesta de la Dirección General de Carreteras, para aprobar las normas e instrucciones a las que deben atenerse los proyectos y obras de construcción o conservación de la red de carreteras del Estado.

Resulta inexcusable el cumplimiento del procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas establecido en la Directiva 98/34/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio, y en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, proceso que, aunque se iniciará en breve plazo, inevitablemente consumirá algún tiempo.

Por lo anterior, y en tanto que los artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) referenciados en esta Orden Circular superan la tramitación para su aprobación, la Dirección General de Carreteras, a propuesta de la Dirección Técnica, ha dispuesto lo siguiente:

**Primero.** Serán de aplicación en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares para obras de la Dirección General de Carreteras los siguientes artículos que se recogen como Anejo de la presente Orden Circular:

- Artículo 514 Gravaemulsión
- Artículo 533 Tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla
- Artículo 540 Microaglomerados en frío
- Artículo 541 Mezclas bituminosas abiertas en frío

**Segundo.** Dejará de aplicarse en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares el artículo 540 publicado mediante la Orden FOM/2523/2014 de 12 de diciembre, modificada por la Orden FOM/510/2018 de 8 de mayo, aunque para su derogación expresa habrá que esperar a que termine la tramitación de la reglamentación técnica a la que se ha hecho referencia más arriba.

**Tercero.** En el articulado de esta Orden Circular se establece una serie de comprobaciones de la conformidad de los productos y los procesos incluidos en su ámbito que, en muchos casos, están referidas a normativa NLT, UNE, UNE-EN y UNE-EN ISO. A los efectos de esta Orden Circular, debe entenderse que las normas mencionadas en el articulado se refieren siempre a las versiones que se relacionan en el Anexo de esta Orden, salvo en el caso de las 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 (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo, en cuyo caso la cita se deberá relacionar con la última Comunicación de la Comisión Europea que incluya dicha referencia.





**Cuarto.** La relación de las versiones correspondientes a las normas referenciadas aplicables en cada caso será periódicamente actualizada para acomodar su contenido al progreso de la técnica y de la normativa comunitaria.

**Quinto.** Definir como ámbito de aplicación de esta Orden Circular y de su Anejo, a los siguientes tipos de proyectos, obras y actuaciones en general:

- Proyectos de carreteras de construcción o de conservación, 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 esta aún no haya sido realizada y aprobada.
- En el resto de proyectos en redacción, así como en el caso de obras en fase de licitación, adjudicadas o ya en fase de ejecución, se elevará consulta a la Subdirección General que corresponda de esta Dirección General, acerca de la conveniencia de proceder a modificación encaminada a su adecuación a lo previsto en esta Orden Circular.

**Sexto.** Esta Orden Circular entrará en vigor el día siguiente al de su firma.

Madrid, enero de 2024

El Director General de Carreteras  
(fecha y firma digital al margen)

Juan Pedro Fernández Palomino

Este documento es el resultado de la colaboración de técnicos de la Dirección General de Carreteras:

Valverde Jiménez Ajo, ITOP, Dirección Técnica  
José Manuel Blanco Segarra, ICCPE, Demarcación CE en Extremadura  
Álvaro Navareño Rojo, ICCPE, Dirección Técnica

Del sector privado:  
Anna París Madrona, Ing. De Montes, Parma Ingeniería  
Alberto Bardesi Orúe-Echevarría, ICCP

Y con la participación asimismo de expertos del Centro de estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y de la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB).



FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM

DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS

Total folios: 142 (6 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM0Z53BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>



---

## ANEXO DE LA ORDEN CIRCULAR 1/2024

FIRMADO

## ÍNDICE

---

**ARTÍCULO 514 GRAVAEMULSIÓN**

**ARTÍCULO 533 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MEDIANTE RIEGOS CON GRAVILLA**

**ARTÍCULO 540 MICROAGLOMERADOS EN FRÍO**

**ARTÍCULO 541 MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO**



## GRAVAEMULSIÓN

### 514.1 DEFINICIÓN

Se define como gravaemulsión la combinación homogénea de áridos de granulometría continua, emulsión bituminosa, agua y, eventualmente, polvo mineral de aportación y aditivos. La gravaemulsión debe poder fabricarse, extenderse y compactarse a temperatura ambiente y puede ser almacenada en acopios.

La gravaemulsión se utiliza como capa intermedia, de base o de regularización en carreteras de categoría de tráfico pesado T3 y T4.

Su ejecución incluye las operaciones siguientes:

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

### 514.2 MATERIALES

#### 514.2.1 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.

#### 514.2.2 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. Atendiendo a las características y a la humedad del árido y, en particular, al contenido y a la naturaleza de sus fracciones finas, salvo justificación en contrario, la emulsión bituminosa a emplear se seleccionará entre las que se indican en la tabla 514.1a. 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 514.1b.

FIRMADO



TABLA 514.1a - TIPOS DE EMULSIÓN BITUMINOSA A EMPLEAR

| ZONA<br>TÉRMICA<br>ESTIVAL | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO Y POSICIÓN DE LA CAPA |  |            |      |  |     |         |
|----------------------------|---|--|------------|------|--|-----|---------|
|                            | T31   |  | T32        |      | T41  | T42 | Arcenes |
|                            | Intermedia  | Base   | Intermedia | Base | Intermedia   |     |         |
| <b>Cálida</b>              | C60B5 GE<br>C60B10 GE<br>C65B5 GE<br>A60BLd       |  |            |      | C60B5 GE<br>C60B10 GE<br>C65B5 GE<br>A60BL<br>A60BLd |     |         |
| <b>Media y templada</b>    | C60B5 GE<br>C60B10 GE<br>C65B5 GE<br>A60BLd       | C60B5 GE<br>C60B10 GE<br>C65B5 GE<br>A60BL<br>A60BLd |            |      |  |     |         |

TABLA 514.1b - CLASES PRESTACIONALES DEL LIGANTE RESIDUAL OBTENIDO POR DESTILACIÓN PARA EMULSIONES CATIONICAS (NORMA UNE-EN 1431)

| ZONA<br>TÉRMICA<br>ESTIVAL  | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO Y POSICIÓN DE LA CAPA        |  |            |      |  |     |         |
|---|--|--|------------|------|--|-----|---------|
|   | T31  |  | T32        |      | T41  | T42 | Arcenes |
|   | Intermedia   | Base   | Intermedia | Base | Intermedia   |     |         |
| <b>Cálida</b>   | Pen: Clase 3 ( $\leq 100$ )<br>PR: Clase 6 ( $\geq 43$ ) |  |            |      | Pen: Clase 5 ( $\leq 220$ )<br>PR: Clase 7 ( $\geq 39$ ) |     |         |
| <b>Media y templada</b>   | Pen: Clase 3 ( $\leq 100$ )<br>PR: Clase 6 ( $\geq 43$ ) | Pen: Clase 5 ( $\leq 220$ )<br>PR: Clase 7 ( $\geq 39$ ) |            |      |  |     |         |
| Pen: penetración a 25 °C (norma EN 1426).<br>PR: punto de reblandecimiento (norma EN 1427). |  |  |            |      |  |     |         |

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.



### 514.2.3 Áridos

#### 514.2.3.1 Características generales

Los áridos a emplear en la gravaemulsión 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.

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 514.2.3.

El equivalente de arena ( $SE_4$ ) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) para la fracción 0/4 mm del árido combinado, de acuerdo con las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, y antes de la eventual incorporación del polvo mineral de aportación, deberá ser superior a cincuenta ( $SE_4 > 50$ ) en calzadas con categoría de tráfico pesado T31, T32 y T41, y superior a cuarenta y cinco ( $SE_4 > 45$ ) en calzadas con categoría de tráfico pesado T42 y arcenes. 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 del árido combinado, deberá ser inferior a diez gramos por kilogramo ( $MB_F < 10 \text{ g/kg}$ ) y, simultáneamente, su equivalente de arena deberá ser superior a cuarenta ( $SE_4 > 40$ ) en calzadas con categoría de tráfico pesado T31, T32 y T41, y superior a treinta y cinco ( $SE_4 > 35$ ) en calzadas con categoría de tráfico pesado T42 y arcenes.



### 514.2.3.2 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.

### 514.2.3.3 Árido grueso

#### 514.2.3.3.1 Definición

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

#### 514.2.3.3.2 Angulosidad

La categoría de caras de fractura (C) de los áridos gruesos (norma UNE-EN 933-5) deberá cumplir lo fijado en la tabla 514.2.

**TABLA 514.2 - CATEGORIA PARA EL PORCENTAJE DE CARAS DE FRACTURA (C)**

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



**514.2.3.3.3 Forma (índice de lajas)**

La categoría del índice de lajas (FI) de los áridos gruesos (norma UNE-EN 933-3) deberá cumplir lo fijado en la tabla 514.3.

**TABLA 514.3 - CATEGORIA PARA EL ÍNDICE DE LAJAS (FI)**

| POSICIÓN<br>DE LA CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |     |     |                  |         |
|------------------------|-----------------------------|-----|-----|------------------|---------|
|                        | T31                         | T32 | T41 | T42              | Arcenes |
| <b>Intermedia</b>      | FI <sub>30</sub>            |     |     | FI <sub>35</sub> |         |
| <b>Base</b>            | FI <sub>35</sub>            |     |     |                  |         |

**514.2.3.3.4 Resistencia a la fragmentación (coeficiente de desgaste de Los Ángeles)**

La categoría del coeficiente de desgaste de Los Ángeles (LA) de los áridos gruesos (norma UNE-EN 1097-2) deberá cumplir lo fijado en la tabla 514.4.

**TABLA 514.4 - CATEGORIA PARA EL COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES (LA)**

| POSICIÓN<br>DE LA CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                  |     |                  |         |
|------------------------|-----------------------------|------------------|-----|------------------|---------|
|                        | T31                         | T32              | T41 | T42              | Arcenes |
| <b>Intermedia</b>      | LA <sub>25</sub>            | LA <sub>30</sub> |     | LA <sub>40</sub> |         |
| <b>Base</b>            | LA <sub>30</sub>            |                  |     |                  |         |

**514.2.3.3.5 Limpieza (contenido de impurezas)**

El árido grueso 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 grueso (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.



**514.2.3.4 Árido fino****513.2.3.4.1 Definición**

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

**514.2.3.4.2 Procedencia**

El árido fino deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o de grava natural. Se podrá emplear arena natural no triturada en una proporción máxima respecto del total del árido que deberá cumplir lo fijado en la tabla 514.5 y que, además, no podrá superar en ningún caso el porcentaje de árido fino triturado.

**TABLA 514.5 - PROPORCIÓN DE ARENA NATURAL**  
(% en masa del árido total)

| POSICIÓN DE LA CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |       |     |        |         |
|---------------------|-----------------------------|-------|-----|--------|---------|
|                     | T31                         | T32   | T41 | T42    | Arcenes |
| Intermedia          | 0 %                         | ≤ 10% |     | ≤ 20 % |         |
| Base                | ≤ 10%                       |       |     |        |         |

**514.2.3.4.3 Limpieza y calidad**

El árido fino deberá estar exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad del propio árido o de la gravaemulsión.

El árido fino será no plástico (norma UNE-EN ISO 17892-12).

**514.2.3.4.4 Resistencia a la fragmentación**

El material que se triture para obtener árido fino deberá cumplir las mismas condiciones exigidas al árido grueso en el apartado 514.2.3.3.4 sobre coeficiente de desgaste de Los Ángeles (LA).

**514.2.3.5 Polvo mineral****514.2.3.5.1 Definición**

A efectos de la aplicación de este artículo, se denomina polvo mineral a la parte del árido que pasa mayoritariamente por el tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2).



#### 514.2.3.5.2 Procedencia

El polvo mineral puede ser natural y proceder de los propios áridos empleados en la fabricación de la gravaemulsión. También podrá ser un producto comercial o especialmente preparado, en cuyo caso se denomina “de aportación”. A estos efectos, el empleo de conglomerantes hidráulicos, como el cemento o la cal, no tendrán la consideración de polvo mineral de aportación, sino de aditivos modificadores de las características mecánicas de la gravaemulsión.

#### 514.2.3.5.3 Granulometría del polvo mineral de aportación

La granulometría del polvo mineral de aportación (norma UNE-EN 933-10) será tal que el ciento por ciento (100 %) del material pase por el tamiz de 2 mm y el retenido en el tamiz de 0,063 mm sea inferior al treinta por ciento (30 %).

#### 514.2.3.5.4 Finura y actividad del polvo mineral de aportación

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>).

#### 514.2.4 Agua

El agua no deberá contener ningún ingrediente que altere la rotura de la emulsión o perjudique a la cohesión final de la gravaemulsión. El agua potable de los núcleos urbanos que cumpla el Real Decreto 314/2016, se considerará, en principio, apta para su empleo y, en general, se podrá emplear cualquier agua sancionada como aceptable por la práctica.

#### 514.2.5 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 gravaemulsión, los cuales deberán ser especificados en la fórmula de trabajo y aprobados por la Dirección de la obra.

Además de estos aditivos específicos, se podrán emplear conglomerantes hidráulicos, según se indica en el apartado 513.3, como la cal hidratada del tipo CL-90-S y los cementos de clase resistente 32,5N, que cumplirán lo especificado en los artículos 200 y 202 de este Pliego (PG3) respectivamente.



**514.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA GRAVAEMULSIÓN**

La designación de la gravaemulsión seguirá el esquema siguiente:

|    |   |              |         |    |    |
|----|---|--------------|---------|----|----|
| GE | D | bin/base/reg | ligante | RA | XX |
|----|---|--------------|---------|----|----|

donde:

- GE* indicación relativa a que el material es una gravaemulsión.
- 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.
- bin/base/reg* abreviatura relativa al tipo de capa de empleo de la gravaemulsión: intermedia, base o regularización, respectivamente.
- ligante* tipo de emulsión bituminosa utilizada.
- RA* abreviatura de “asfalto recuperado”, que se incluirá cuando se emplee en la gravaemulsión.
- XX* porcentaje de RA en la fórmula de trabajo, expresado sobre la masa de gravaemulsión.

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 514.6. El análisis granulométrico se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 933-1.

**TABLA 514.6 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% EN MASA)**

| TIPO DE GRAVAEMULSIÓN | ABERTURA DE LOS TAMICES (mm) (NORMA UNE-EN 933-2) |        |        |        |        |       |       |       |      |       |
|-----------------------|---|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|-------|
|                       | 45  | 32     | 22     | 16     | 11     | 8     | 4     | 2     | 0,5  | 0,063 |
| <b>GE 11</b>          | -   | -      | -      | 100    | 85-100 | 63-82 | 38-55 | 23-39 | 8-20 | 4-8   |
| <b>GE 16</b>          | -   | -      | 100    | 90-100 | 63-80  | 48-65 | 29-44 | 17-30 | 7-15 | 4-8   |
| <b>GE 22</b>          | -   | 100    | 90-100 | 67-82  | -      | 41-56 | 26-38 | 16-28 | 6-14 | 3-7   |
| <b>GE 32</b>          | 100   | 90-100 | 63-80  | 50-66  | -      | 32-46 | 20-33 | 11-23 | 5-13 | 3-7   |

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo y espesor de gravaemulsión que ha de emplearse en cada caso, en función de la categoría de tráfico pesado y del tipo y del espesor de la capa del firme, de acuerdo con lo indicado en la tabla 514.7.





TABLA 514.7 - TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA GRAVAEMULSIÓN

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO            | TIPO DE GRAVAEMULSIÓN | ESPESOR (cm)       |
|--|-----------------------|--------------------|
| T31 y T32                              | GE 22 bin             | 5-10               |
|  | GE 22 base            | 7-10               |
|  | GE 32 base            | 10-15              |
| T41, T42 y arcenes                     | GE 22 bin             | 5-10               |
| Cualquiera<br>(igual o inferior a T31) | GE 11 reg             | Variable, máximo 6 |
|  | GE 16 reg             | Variable, máximo 8 |

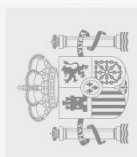
El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la dotación mínima de ligante hidrocarbonado residual de la gravaemulsión que, en cualquier caso, deberá cumplir lo indicado en la tabla 514.8, según la categoría de tráfico pesado y la posición de la capa en el firme.

**TABLA 514.8 – DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE HIDROCARBONADO RESIDUAL**  
(% en masa sobre el total de la gravaemulsión)

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO            | POSICIÓN DE LA CAPA | DOTACIÓN MÍNIMA (%) |
|--|---------------------|---------------------|
| T31 y T32                              | Intermedia          | 4,20                |
|  | Base                | 3,80                |
| T41, T42 y arcenes                     | Intermedia          | 4,00                |
| Cualquiera<br>(igual o inferior a T31) | Regularización      | 4,00                |

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 de ligante de la tabla 514.8 se deberán corregir multiplicando por el factor  $\alpha = 2,65/\rho_d$ , donde  $\rho_d$  es la densidad de las partículas de árido.

En caso necesario, para mejorar la adhesividad y la resistencia mecánica se podrán utilizar, como aditivo, conglomerantes hidráulicos, como el cemento o la cal hidratada. En el caso del cemento, se podrá emplear una proporción máxima del dos por ciento ( $\leq 2\%$ ) sobre la masa total en seco de la gravaemulsión, asegurando que la relación en peso entre el betún residual y el cemento aportados sea, como mínimo, de uno y medio ( $\geq 1,5$ ). En el caso de usar cal como aditivo se empleará su equivalente volumétrico.



## 514. 4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

### 514.4.1 Consideraciones generales

No se podrá utilizar en la ejecución de la gravaemulsión 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 transporte, se emplearán productos sancionados por la experiencia que no sean perjudiciales para la gravaemulsión 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.

### 514.4.2 Central de fabricación

La fabricación de la gravaemulsión 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, el agua y los áridos, con una precisión compatible con las tolerancias fijadas en la tabla 514.11.

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 gravaemulsión 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 gravaemulsión 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 tres ( $\geq 3$ ). 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.

Los sistemas de almacenamiento y alimentación de agua y de emulsión serán los adecuados 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 gravaemulsión, 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 gravaemulsión.

#### **514.4.3 Elementos de transporte**

Para el transporte de la gravaemulsión 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 gravaemulsión 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 gravaemulsión quede protegida durante el transporte.

#### **514.4.4 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 gravaemulsión 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 de regularización y en los arcenes. 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 extendidora se pudieran acoplar piezas para aumentar su anchura, estas deberán quedar perfectamente alineadas con las originales.

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

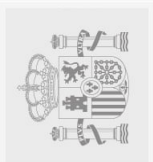
#### **514.4.5 Equipo de compactación**

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. No se permitirá el empleo de agua u otros fluidos de limpieza para no incrementar la humedad de la gravaemulsión.

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 gravaemulsión 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.

## 514.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

### 514.5.1 Estudio de la gravaemulsión y obtención de la fórmula de trabajo

La fabricación y la puesta en obra de la gravaemulsión 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 gravaemulsión.
- La granulometría de los áridos combinados, incluido el polvo mineral, por los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico dado en la tabla 514.6.
- La proporción de agua de preenvuelta, en masa respecto a la del árido seco.
- El tipo de emulsión bituminosa y la dotación en masa de ligante residual y, en su caso, la de polvo mineral de aportación, referidas ambas al total de la gravaemulsión.
- Los tiempos exigidos para la mezcla de los áridos con el agua de preenvuelta y para la mezcla con la emulsión bituminosa.
- En el caso de que se empleen aditivos, se incluirán las prescripciones necesarias sobre su tipo, su dotación sobre la masa total de la gravaemulsión, su forma de incorporación y el tiempo de mezclado.
- La densidad máxima y el contenido óptimo de fluidos (agua más emulsión bituminosa) del ensayo Proctor modificado (norma UNE 103501).
- El valor mínimo de la densidad a obtener tras la compactación y el contenido de huecos asociado a ese valor.

La dosificación del agua de preenvuelta y de la emulsión en la fórmula de trabajo se fijará teniendo en cuenta los materiales disponibles, la experiencia obtenida en casos análogos y verificando que la gravaemulsión obtenida en la central de fabricación cumple los criterios establecidos en este Pliego.

El contenido óptimo de fluidos para la compactación se determinará por medio del ensayo Proctor modificado (norma UNE 103501). La proporción mínima de agua para la envuelta se determinará visualmente, verificando que sea posible obtener una buena dispersión de la emulsión. En ningún caso la suma del contenido de agua (humedad



propia de los áridos, agua de preenvuelta y agua de la emulsión aportada) y ligante de la gravaemulsión podrá superar en más del cinco por mil ( $\leq 0,5 \%$ ) el contenido óptimo de fluidos determinado en el ensayo Proctor modificado.

La proporción de ligante residual en la gravaemulsión se determinará a partir del contenido de huecos en mezcla y de la resistencia a compresión antes y después de inmersión en agua. Para ello, se fabricarán probetas compactadas, curadas y acondicionadas siguiendo el procedimiento descrito en la norma UNE 41215.

Sobre dichas probetas se determinará la densidad de la gravaemulsión, según la norma UNE-EN 12697-6, y el contenido de huecos en mezcla, según la norma UNE-EN 12697-8, que deberán cumplir los valores especificados en la tabla 514.9a. Además, se determinará la sensibilidad al agua siguiendo el método descrito en la norma UNE 41215; para ello, se determinarán las resistencias en seco, en húmedo y conservadas a  $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , con una velocidad de rotura a compresión de  $50 \pm 2 \text{ mm/min}$ .

La resistencia de las probetas y la resistencia conservada deberán cumplir con los valores mínimos indicados en la tabla 514.9b.

**TABLA 514.9a - CONTENIDO DE HUECOS EN MEZCLA (NORMA UNE-EN 12697-8)**

| POSICIÓN DE LA CAPA   | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |        |               |
|-----------------------|-----------------------------|--------|---------------|
|                       | T31 y T32                   | T41    | T42 y arcenes |
| <b>Intermedia</b>     | 5-8 %                       | 5-10 % | 5-12 %        |
| <b>Base</b>           | 5-10 %                      |        |               |
| <b>Regularización</b> | 5-10 %                      | 5-12 % | 5-12 %        |



**TABLA 514.9b - VALORES MÍNIMOS DE RESISTENCIAS EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN ESTÁTICA Y RESISTENCIA CONSERVADA (NORMA UNE 41215)**

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | POSICIÓN DE LA CAPA | Resistencia     |                    |
|-----------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|
|                             |                     | Húmeda Cw (MPa) | Conservada i/C (%) |
| T31 y T32                   | Intermedia          | 1,5             | 75                 |
|                             | Base                | 1,2             | 70                 |
| T41                         | Intermedia          | 1,2             | 75                 |
| T42 y arcenes               |                     | 0,9             | 70                 |
| T31, T32 y T41              | Regularización      | 1,2             | 75                 |
| T42 y arcenes               |                     | 0,9             | 70                 |

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 gravaemulsión, 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.

#### 514.5.2 Preparación de la superficie existente

Se comprobarán la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender la gravaemulsión. 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 gravaemulsión no hubiera disminuido en forma apreciable; en caso contrario, la Dirección de la obra podrá ordenar una nueva aplicación.

### **514.5.3 Aprovisionamiento**

#### **514.5.3.1 Aprovisionamiento de la emulsión**

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

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 514.2.2, y las del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

#### **514.5.3.2 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 gravaemulsión en la tabla 514.11.

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 ( $< 500 \text{ m}^3$ ), deberá estar acopiada la totalidad de los áridos antes de empezar la fabricación de la gravaemulsión. 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 ( $\leq 1,5 \text{ m}$ ), 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.





#### 514.5.4 Fabricación de la gravaemulsión

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, de forma sucesiva, las proporciones de agua y de emulsión establecidas.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido en el mezclador los áridos, se agregarán las cantidades de agua y de emulsión precisas para cada amasada, con el intervalo de tiempo apropiado, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

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 gravaemulsión, la Dirección de la obra aprobará el equipo de fabricación.

#### 514.5.5 Acopio de la gravaemulsión

La gravaemulsión se podrá almacenar en silos o en acopios 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 gravaemulsión en los acopios que impida su manipulación y posterior puesta en obra.

La superficie sobre la que se acopie la gravaemulsión 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.

#### **514.5.6 Transporte de la gravaemulsión**

La gravaemulsión se transportará hasta el lugar de empleo evitando su segregación y la variación de su contenido de humedad.

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

#### **514.5.7 Extensión de la gravaemulsión**

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.

Si la extensión se lleva a cabo con extendedora, esta 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 514.7.2.

Para las capas de regularización y para la extensión en arcenes, 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 o contaminación o falta de uniformidad en la textura superficial, y se procederá a efectuar las correcciones necesarias para impedirlo.

En su caso, cada tongada se extenderá después de compactada la tongada subyacente.



### 514.5.8 Compactación de la gravaemulsión

Si la gravaemulsión extendida presenta un contenido de fluidos superior al óptimo establecido para la compactación en la fórmula de trabajo, se dejará secar hasta alcanzar el contenido adecuado antes de empezar la operación de compactación.

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 en todo el espesor la densidad establecida en el apartado 514.7.1.

Si la extensión de la gravaemulsión 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 gravaemulsión 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 extendedora. Los cambios de dirección y sentido se harán sobre la gravaemulsión ya compactada, con suavidad. Se cuidará de que los elementos de compactación estén siempre limpios.

### 514.5.9 Juntas

Se dispondrán juntas de trabajo transversales entre los 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 gravaemulsión.

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.

#### 514.5.10 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 establecido en el artículo 341 “Refino de taludes” del PG3 y, en su caso, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

En el caso de que se prevean precipitaciones atmosféricas u otras condiciones desfavorables que pudieran comportar el riesgo de deterioros superficiales, la Dirección de la obra decidirá si procede la ejecución de un riego de protección con árido de cobertura. Este riego se ejecutará de acuerdo con lo especificado en el artículo 532 “Riegos de curado” de este Pliego (PG3), salvo en lo que se refiere al tipo y dotación de la emulsión a emplear.

La emulsión a aplicar será del tipo C35B3 PRO o C40B3 PRO y deberá cumplir lo indicado en el anejo nacional de la norma UNE-EN 13808. La dotación de ligante residual estará comprendida entre doscientos y trescientos gramos por metro cuadrado (200-300 g/m<sup>2</sup>).

El árido a utilizar será una arena 0/5, 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 5,6 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 cuatro litros por metro cuadrado ( $\geq 4$  l/m<sup>2</sup>) ni superior a seis litros por metro cuadrado ( $\leq 6$  l/m<sup>2</sup>).

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.



### 514.6 TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la puesta en obra de la gravaemulsión 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 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:

- El funcionamiento de la central de fabricación de la gravaemulsión.
- La correlación, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación de la emulsión bituminosa y del agua de preenvuelta y de la densidad in situ 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 la densidad alcanzada.
- El comportamiento del material en la compactación.
- La relación entre el contenido de fluidos y la densidad alcanzada.

Se tomarán muestras de la gravaemulsión 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 del trabajo. En el primer caso, se podrá iniciar la fabricación de la gravaemulsión. 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.



## 514.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

### 514.7.1 Densidad

La Dirección de la obra, a la vista de los resultados obtenidos en el tramo de prueba, fijará la densidad de la tongada tras el proceso de compactación, la cual no deberá ser inferior al cien por cien ( $\geq 100 \%$ ) de la densidad máxima correspondiente al ensayo Proctor modificado, según la norma UNE 103501, ni al noventa y seis por ciento ( $\geq 96 \%$ ) de la densidad obtenida en el ensayo de sensibilidad al agua, según la norma UNE 41215, definidas en la fórmula de trabajo según lo indicado en el apartado 514.5.1.

### 514.7.2 Rasante, espesor y anchura

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

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.

### 514.7.3. 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 514.9.4 deberá cumplir los valores de la tabla 514.10, según la posición de la capa.



TABLA 514.10 - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)

| PORCENTAJE DE<br>HECTÓMETROS | POSICIÓN DE LA CAPA |       |
|------------------------------|---------------------|-------|
|                              | Intermedia          | Resto |
| 50                           | < 1,5               | < 2,5 |
| 80                           | < 2,0               | < 3,5 |
| 100                          | < 2,5               | < 4,0 |

### 514.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa de la Dirección de la obra, solo se permitirá la puesta en obra de gravaemulsión si la temperatura ambiente a la sombra es superior a cinco grados Celsius ( $> 5^{\circ}\text{C}$ ), y cuando no haya riesgo de que se produzcan precipitaciones atmosféricas o heladas.

Si fuera necesario abrir la capa a la circulación, en ningún caso se hará antes de la rotura de la emulsión. Durante el período de acción del tráfico hasta que la gravaemulsión presente cohesión suficiente, se tendrá cuidado de controlar su distribución por carriles para que no se concentren las rodadas en una sola franja y se procurará que el tráfico circule a baja velocidad y sin realizar maniobras bruscas sobre la gravaemulsión.

### 514.9 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.

#### 514.9.1 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.

#### 514.9.1.1 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).
- Viscosidad (tiempo de fluencia, norma UNE-EN 12846-1).
- Estabilidad por mezcla con cemento (norma UNE-EN 12848).
- 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).





### 514.9.1.2 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 del árido grueso, según la norma UNE-EN 933-5.
- El índice de lajas del árido grueso, según la norma UNE-EN 933-3.
- El coeficiente de desgaste de Los Ángeles del árido grueso, según la norma UNE-EN 1097-2.
- Limpieza del árido grueso, según lo indicado en el apartado 514.2.3.3.5.
- El equivalente de arena, según la norma UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según la norma UNE-EN 933-9.
- La densidad relativa y la absorción del árido grueso y del árido fino, según la norma UNE-EN 1097-6.
- La plasticidad del árido fino, según la norma UNE EN ISO 17892-12.

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



### 514.9.1.3 Control de procedencia del polvo mineral de aportación

Si el polvo mineral a emplear dispone de marcado CE, 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, 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 el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del polvo mineral de aportación, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y con ellas se determinará la granulometría (norma UNE-EN 933-10) y la densidad aparente (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3).

### 514.9.2 Control de calidad de los materiales

#### 514.9.2.1 Control de calidad de la emulsión bituminosa

Se estará a lo indicado en el apartado 514.2.2. 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.

#### 514.9.2.2 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.
  - Equivalente de arena, según la norma UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según la norma UNE-EN 933-9.
- Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:
  - Proporción de partículas parcial y totalmente trituradas del árido grueso, según la norma UNE-EN 933-5.
  - Índice de lajas del árido grueso, según la norma UNE-EN 933-3.
  - Limpieza del árido grueso, según lo indicado en el apartado 514.2.3.3.5.
  - Plasticidad del árido fino, según la norma UNE EN ISO 17892-12.
- 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.
  - Densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la norma 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.

#### **514.9.2.3 Control de calidad del polvo mineral de aportación**

En cada partida que reciba se realizarán los siguientes ensayos:

- Al menos una (1) vez al día:
  - Granulometría, según la norma UNE-EN 933-10.
  - Densidad aparente, según el Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3.



### 514.9.3 Control de ejecución

#### 514.9.3.1 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:

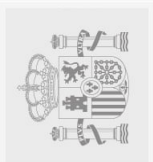
- Análisis granulométrico del árido combinado, según la norma UNE-EN 933-1.
- El equivalente de arena, según la norma UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según la norma UNE-EN 933-9.

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 gravaemulsión. Se rechazarán todas aquellas segregadas o cuya envuelta no sea homogénea.
- Al menos dos ( $\geq 2$ ) veces al día (mañana y tarde), y al menos una ( $\geq 1$ ) 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 ( $\geq 1$ ) vez a la semana, o cuando haya variaciones en el suministro de los áridos o en la procedencia de la gravaemulsión o se detecten cambios en su aspecto, ensayo de resistencia a la acción del agua en el ensayo de compresión estática y resistencia conservada (norma UNE 41215), según lo indicado en el apartado 514.5.1.

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 514.11.



**TABLA 514.11 - 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 y T32                   | T41   | T42 y arcenes |
| Cernido por el tamiz<br>(norma UNE-EN 933-2) | > 2 mm              | ± 4 %                       | ± 6 % | ± 8 %         |
|  | 2 mm                | ± 3 %                       | ± 4 % | ± 6 %         |
|  | < 2 mm y > 0,063 mm | ± 2 %                       | ± 3 % | ± 4 %         |
|  | 0,063 mm            | ± 1 %                       |       | ± 1,5 %       |
| Ligante residual                             |                     | ± 0,3 %                     |       |               |
| Fluidos totales de compactación              |                     | -1,5 a +0,5 %               |       |               |

### 514.9.3.2 Puesta en obra

#### 514.9.3.2.1 Extensión

Se medirá la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el apartado 514.8.

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

Se comprobará frecuentemente el espesor extendido mediante un punzón graduado.

#### 513.9.3.2.2 Compactación

Se comprobará la composición y la 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.



#### 514.9.4 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 gravaemulsión:

- 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 514.7.2.

De cada lote se extraerán testigos en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a tres ( $\geq 3$ ), y sobre ellos se determinará su densidad aparente 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, y así sucesivamente hasta completar el tramo medido, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 514.7.3.

#### 514.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

##### 514.10.1 Densidad

La densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el apartado 514.7.1. No más de tres ( $\leq 3$ ) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales inferiores en dos puntos porcentuales ( $< 2\%$ ) de dicha densidad media. Si la densidad media obtenida fuese inferior a la especificada en el apartado 514.7.1, se procederá de la siguiente manera:

- Si es inferior al noventa y cinco por ciento ( $< 95\%$ ) de la densidad de referencia, se levantará la capa de gravaemulsión correspondiente al lote controlado y se repondrá por cuenta del Contratista.



- Si es igual o superior 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 gravaemulsión correspondiente al lote controlado.

#### 514.10.2 Espesor

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el apartado 514.7.2. 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 fuera inferior al especificado en el apartado 514.7.2., se procederá de la siguiente manera:

- Para capas de base o regularización:
  - Si fuera inferior al ochenta por ciento ( $< 80$  %) del especificado, se rechazará la capa debiendo el Contratista levantarla mediante fresado y reponerla por su cuenta, o extender otra capa de espesor igual al inicialmente prescrito sobre la rechazada si no existieran problemas de rasante.
  - Si fuera igual o superior al ochenta por ciento ( $\geq 80$  %) del especificado, se compensará la merma de la capa con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista, siguiendo las indicaciones de la Dirección de la obra.
- Para capas intermedias:
  - Si fuera inferior al noventa por ciento ( $< 90$  %) del especificado, se rechazará la capa debiendo el Contratista levantarla mediante fresado y reponerla por su cuenta, o extender otra capa de espesor igual al inicialmente prescrito sobre la rechazada si no existieran problemas de rasante.
  - Si 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 %).

#### 514.10.3 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 514.7.2. 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.

#### 514.10.4 Regularidad superficial

La regularidad superficial de la capa acabada debe cumplir lo establecido en la tabla 514.10. En caso contrario:

- Si los resultados de la regularidad de la capa acabada incumplen los límites establecidos en menos del diez por ciento ( $< 10\%$ ) de la longitud del tramo controlado, se corregirán los defectos por cuenta del Contratista, conforme a los medios y métodos especificados por la Dirección de la obra.
- Si los resultados de la regularidad de la capa acabada incumplen los límites establecidos en el diez por ciento o más ( $\geq 10\%$ ) de la longitud del tramo controlado, el Contratista deberá levantarla mediante fresado y reponerla por su cuenta, o bien extenderá por su cuenta una nueva capa de gravaemulsión con el espesor que determine la Dirección de la obra.

#### 514.11 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 la gravaemulsión se abonará por toneladas (t), obtenidas multiplicando las anchuras de las secciones tipo señaladas en los Planos del proyecto por la longitud realmente ejecutada y por los espesores y las densidades medios deducidos de los ensayos de control de cada lote. Este abono incluye los áridos, incluido el asfalto recuperado de mezclas bituminosas, el agua y todas las operaciones de acopio, preparación, fabricación, puesta en obra y terminación. No serán de abono los sobranchos laterales, ni los aumentos de espesor consecuentes de la aplicación de la compensación de la merma de espesores de capas subyacentes.





Salvo en capas de 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 gravaemulsión 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.

El polvo mineral de aportación y los aditivos a la gravaemulsión, si los hubiere, se abonarán por toneladas (t), obtenidas aplicando a la medición de la gravaemulsión la dosificación aprobada.

El riego de protección, en su caso, se abonará de la forma que se indica para los riegos de curado, según el apartado 532.9 del artículo 532 de este Pliego (PG3).



## NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO

|               |  |
|---------------|--|
| NLT-330       | Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.   |
| UNE 103501    | Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.   |
| UNE 41215     | Determinación de la sensibilidad al agua de mezclas bituminosas recicladas en frío con emulsión bituminosa.  |
| UNE 51603     | Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de las 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 de árido grueso.                     |
| UNE-EN 933-8  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayos del equivalente de arena.   |
| UNE-EN 933-9  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.   |
| UNE-EN 933-10 | 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 | 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 | Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 3: Determinación de la densidad aparente y la porosidad.  |

FIRMADO



|                     |   |
|---------------------|---|
| UNE-EN 1097-6       | Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.                          |
| UNE-EN 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 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 12697-6      | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático. |
| UNE-EN 12697-8      | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.                          |
| UNE-EN 12697-56     | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 56: Preparación de la muestra mediante compactación estática.                                |
| UNE-EN 13043        | Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas.  |
| 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.  |



## TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MEDIANTE RIEGOS CON GRAVILLA

### 533.1 DEFINICIÓN

Se define como riego con gravilla el tratamiento superficial consistente en la ejecución de una o varias aplicaciones de un ligante bituminoso, que salvo situaciones excepcionales será una emulsión bituminosa, sobre una superficie, complementada por una o varias extensiones de un árido de granulometría uniforme.

Los riegos con gravilla se emplean como rodadura en firmes flexibles de carreteras de baja intensidad de tráfico sobre bases compuestas por materiales granulares, bituminosas tipo gravaemulsión o tratadas con cemento y sobre capas reutilizadas en frío con emulsión o con cemento. Asimismo, se emplean en tratamientos de rehabilitación y mejora de las características superficiales (impermeabilización y resistencia al deslizamiento), en aplicaciones de pequeño espesor.

Salvo circunstancias excepcionales, el empleo de tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla se limitará a las categorías de tráfico pesado T3 y T4.

Sin perjuicio de que en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se defina algún otro tipo sancionado por la experiencia, se establecen los siguientes tipos de riego con gravilla:

- Riego con gravilla monocapa, formado por una aplicación de emulsión y una posterior extensión de árido.
- Riego con gravilla monocapa preengravillado, formado por una extensión de árido seguida de una aplicación de emulsión y una segunda extensión de árido.
- Riego con gravilla bicapa, formado por dos aplicaciones sucesivas de emulsión y de árido.
- Riego con gravilla bicapa preengravillado, formado por una primera extensión de árido seguida de dos aplicaciones sucesivas de emulsión y de árido.
- Riego con gravilla tricapa, formado por tres aplicaciones sucesivas de emulsión y de árido.

La ejecución de cualquiera de los tipos de riegos con gravilla definidos anteriormente incluye las siguientes operaciones:



- Estudio previo de los materiales
- Estudio del tipo de riego con gravilla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Ejecución del tramo de prueba y aprobación de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la capa que va a recibir el tratamiento.
- Extensión de áridos y ligante de acuerdo con la fórmula trabajo aprobada.
- Apisonado, según el tipo de riego con gravilla ejecutado.
- Eliminación del árido sobrante, en su caso.

Los tratamientos superficiales disponen de una norma armonizada (UNE-EN 12271) que describe las especificaciones y los requisitos para el Marcado CE pero que excluye de su obligatoriedad a los tratamientos diseñados por el cliente. Por esta razón los tratamientos ejecutados de acuerdo con lo establecido en el presente artículo no tendrán la obligatoriedad de disponer del Marcado CE, pero no quedarán exentos del cumplimiento de los requisitos especificados en este artículo.

En este sentido, sólo resulta obligatorio el marcado CE de los materiales, con las excepciones señaladas para áridos en los apartados 533.9.1. y 533.9.2. No obstante, resulta muy recomendable la obtención del marcado CE conforme a la mencionada norma y, en ese sentido, se establecen diferentes condiciones de control de ejecución en el apartado 533.9.3. para todos aquellos contratistas que dispongan de él, revisando la información declarada que presenten.

## 533.2 MATERIALES

### 533.2.1 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 los mismos 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 deberá verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permitan deducir el cumplimiento de 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.

En todos los casos, independientemente de lo indicado en este artículo, se cumplirá además 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 otro, o betunes oxidados.

### 533.2.2 Emulsión bituminosa

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de emulsión bituminosa a emplear, dependiendo de la zona térmica estival y de la categoría de tráfico pesado definidas en las vigentes Norma 6.1 IC Secciones de firme. Salvo justificación en contrario, la emulsión a emplear se corresponderá con los tipos indicados en la tabla 533.1a. En cualquier caso, las emulsiones bituminosas cumplirán lo indicado en la norma UNE-EN 13808 y su anejo nacional vigente.

**TABLA 533.1.a. TIPO DE EMULSIÓN BITUMINOSA A UTILIZAR**

| ZONA<br>TÉRMICA<br>ESTIVAL | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                        |                        |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
|                            | T31 y T32                   | T41(*)                 | T42, sellado y arcenes |
| <b>Cálida</b>              | C65BP2 TRG                  | C65BP2 TRG; C65BP3 TRG | C65B2 TRG              |
| <b>Media</b>               | C65BP3 TRG                  | C69BP2 TRG; C69BP3 TRG | C65B3 TRG              |
|                            | C69BP2 TRG                  | C65B2 TRG; C65B3 TRG   | C69B2 TRG              |
| <b>Templada</b>            | C69BP3 TRG                  | C69B2 TRG; C69B3 TRG   | C69B3 TRG              |

(\*) En vías de servicio no agrícolas de autovías y autopistas

En relación con el índice de rotura, se preferirá el de clase 2 cuando las características climatológicas de la zona y la época de ejecución hagan suponer que ésta se realizará con tiempo frío y/o húmedo. En cualquier caso, la Dirección de la obra, en uso de sus atribuciones, podrá ordenar el cambio de la clase de índice de rotura.

Para la categoría de tráfico pesado T41 el empleo de emulsiones bituminosas catiónicas modificadas está especialmente indicado en zonas con trazado montañoso o donde haya importantes diferencias de temperatura entre el verano y el invierno.



En relación con la elección de las clases prestacionales del ligante residual, en función del tipo de emulsión y la zona térmica estival, se estará a lo indicado en la tabla 533.1.

**TABLA 533.1b. CLASES PRESTACIONALES DEL LIGANTE RESIDUAL, OBTENIDO POR DESTILACIÓN (NORMA UNE-EN 1431),**

| Zona térmica estival  | Tipos de emulsión  |  |
|---|--|--|
|   | C65B2 TRG; C65B3 TRG<br>C69B2 TRG; C69B3 TRG             | C65BP2 TRG; C65BP3 TRG<br>C69BP2 TRG; C69BP3 TRG   |
| <b>Cálida</b>   | Pen: Clase 4 ( $\leq 150$ )<br>PR: Clase 6 ( $\geq 43$ ) | Pen: Clase 3 ( $\leq 100$ )<br>PR: Clase 4 ( $\geq 50$ )<br>EC: Clase 6 ( $\geq 0,5$ )<br>RE: Clase 1 (DV) |
| <b>Media</b>  | Pen: Clase 5 ( $\leq 220$ )<br>PR: Clase 8 ( $\geq 35$ ) | Pen: Clase 5 ( $\leq 220$ )<br>PR: Clase 6 ( $\geq 43$ )<br>EC: Clase 6 ( $\geq 0,5$ )<br>RE: Clase 1 (DV) |
| <b>Templada</b>   |  |  |
| Pen: Penetración a 25 °C, UNE-EN 1426<br>PR: Punto de Reblandecimiento, UNE-EN 1427<br>EC: Energía de Cohesión por fuerza ductilidad, UNE-EN 13589<br>RE: Recuperación elástica a 25 °C, 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 modo de aplicación de la adición deberán ser aprobados por la Dirección de la Obra.

En casos excepcionales de trazado, tráfico y/o climatología, podrá contemplarse el empleo de otros ligantes, que deberán estar definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

### 533.2.3 Áridos

#### 533.2.3.1 Características generales

En riegos con gravilla se emplearán únicamente áridos gruesos, definidos como la fracción que es retenida en el tamiz 2 mm según la norma UNE-EN 933-2.

Los áridos a emplear en riegos con gravilla podrán ser naturales o artificiales, siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo. No podrá emplearse como árido el material procedente del fresado de mezclas bituminosas. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, podrá exigir



propiedades o especificaciones adicionales si se empleasen áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, las cuales se acopiarán y manejarán por separado.

Los áridos deberán ser homogéneos. Si se obtuviesen como combinación de áridos de distinta procedencia o naturaleza, cada una de ellas deberá cumplir por separado las prescripciones establecidas en este apartado 533.2.3.

### 533.2.3.2 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.

### 533.2.3.3 Angulosidad

La categoría de caras de fractura de los áridos (norma UNE-EN 933-5) deberá cumplir lo fijado en la tabla 533.2.

**TABLA 533.2. PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS (% en masa)**

| CAPA             | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                   |     |                        |
|------------------|-----------------------------|-------------------|-----|------------------------|
|                  | T31                         | T32               | T41 | T42, sellado y arcenes |
| Superior o única | C <sub>100/0</sub>          | C <sub>95/1</sub> |     | C <sub>90/1</sub>      |
| Inferior         | C <sub>95/1</sub>           | C <sub>90/1</sub> |     |                        |





**533.2.3.4 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 533.3.

**TABLA 533.3. ÍNDICE DE LAJAS (FI)**

| CAPA             | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                  |                  |                        |
|------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------------|
|                  | T31                         | T32              | T41              | T42, sellado y arcenes |
| Superior o única | FI <sub>20</sub>            |                  | FI <sub>25</sub> |                        |
| Inferior         | FI <sub>20</sub>            | FI <sub>25</sub> |                  |                        |

**533.2.3.5 Resistencia a la fragmentación (Coeficiente Los Ángeles)**

La categoría del coeficiente de desgaste Los Ángeles (LA) de los áridos (norma UNE-EN 1097-2) deberá cumplir lo fijado en la tabla 533.4.

**TABLA 533.4. COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES (LA)**

| CAPA       | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                  |     |                        |
|------------|-----------------------------|------------------|-----|------------------------|
|            | T31                         | T32              | T41 | T42, sellado y arcenes |
| Cualquiera | LA <sub>20</sub>            | LA <sub>25</sub> |     |                        |

En el caso de tratamientos monocapa o monocapa preengravillado, en especial sobre soportes poco flexibles (materiales tratados con cemento o mezclas bituminosas envejecidas), únicamente se emplearán áridos de clase LA<sub>20</sub>.

**533.2.3.6 Resistencia al pulimento (Coeficiente de pulimento acelerado)**

El coeficiente de pulimento acelerado (PSV) de los áridos (norma UNE-EN 1097-8), a emplear en las dos capas superiores o en capa única (si se trata de un tratamiento monocapa), deberá cumplir lo fijado en la tabla 533.5.

**TABLA 533.5. COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO (PSV)**

| CAPA                   | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                            |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|                        | T31                         | T32, T4, sellado y arcenes |
| Dos superiores o única | PSV <sub>50</sub>           | PSV <sub>44</sub>          |

**533.2.3.7 Limpieza (contenido de impurezas)**

El árido deberá estar exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad del propio árido o del tratamiento superficial.



El contenido de finos (norma UNE-EN 933-1) determinado como el porcentaje que pasa por el tamiz 0,063 mm, no deberá ser superior al uno por ciento ( $\leq 1\%$ ) en masa (categoría  $f_1$ ) con tráfico T3 y T41 o al dos por ciento ( $\leq 2\%$ ) en masa (categoría  $f_2$ ) con tráfico T42 o arcenes.

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

#### 533.2.3.8 Adhesividad

Se considerará que la adhesividad es suficiente cuando en el ensayo de choque de la placa Vialit (norma UNE-EN 12272-3) se cumplan los requisitos recogidos en el apartado 533.5.1.

#### 533.2.3.9 Granulometría

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá, entre los que se indican en las tablas 533.6 y 533.7, los husos a los que deberán ajustarse las curvas granulométricas de los áridos que se empleen. El análisis granulométrico se hará según la norma UNE-EN 933-1.

Los áridos de granulometría especial deberán emplearse obligatoriamente en las categorías de tráfico T31 y T32 y siempre que el riego con gravilla se aplique en carreteras con una intensidad media diaria superior a dos mil ( $> 2000$ ) vehículos. Asimismo, resulta muy recomendable su empleo en los tratamientos de conservación preventiva mediante riegos monocapa.

**TABLA 533.6 – GRANULOMETRÍA NORMAL**

| TIPO<br>DE<br>HUSO | CERNIDO PONDERAL (% EN MASA)                                       |        |        |        |        |        |        |      |     |
|--------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|-----|
|                    | Tamaño de los tamices UNE-EN 933-2. Serie Básica + Serie 1 (en mm) |        |        |        |        |        |        |      |     |
|                    | 31,5   | 22,4   | 16     | 11,2   | 8      | 5,6    | 4      | 2    | 1   |
| A 11/22            | 100  | 80-100 |        | 0-20   | 0-5    |        |        |      | 0-1 |
| A 8/16             |  | 100    | 80-100 |        | 0-20   | 0-5    |        |      | 0-1 |
| A 5/11             |  |        | 100    | 80-100 |        | 0-20   | 0-5    |      | 0-1 |
| A 4/8              |  |        |        | 100    | 80-100 |        | 0-20   | 0-5  | 0-1 |
| A 2/5              |  |        |        |        | 100    | 80-100 |        | 0-8  | 0-1 |
| A 2/4              |  |        |        |        |        | 100    | 80-100 | 0-20 | 0-1 |



TABLA 533.7 – GRANULOMETRÍA ESPECIAL

| TIPO<br>DE<br>HUSO | CERNIDO PONDERAL (% EN MASA)                                       |        |        |        |        |        |      |       |
|--------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|------|-------|
|                    | Tamaño de los tamices UNE-EN 933-2. Serie Básica + Serie 1 (en mm) |        |        |        |        |        |      |       |
|                    | 22,4   | 16     | 11,2   | 8      | 5,6    | 4      | 2    | 1     |
| AE 11/16           | 100  | 90-100 | 0-10   | 0-5    |        |        |      | 0-0,5 |
| AE 8/11            |  | 100    | 90-100 | 0-10   | 0-5    |        |      | 0-0,5 |
| AE 5/8             |  |        | 100    | 90-100 | 0-10   | 0-5    |      | 0-0,5 |
| AE 3/5             |  |        |        | 100    | 90-100 |        | 0-8  | 0-0,5 |
| AE 2/4             |  |        |        |        | 100    | 90-100 | 0-10 | 0-0,5 |

### 533.2.4 Aditivos

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

### 533.3 TIPO, DOTACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL RIEGO CON GRAVILLA

La denominación de los tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla seguirá el esquema siguiente:

|     |   |           |           |           |         |
|-----|---|-----------|-----------|-----------|---------|
| TRG | X | $d_1/D_1$ | $d_2/D_2$ | $d_3/D_3$ | Ligante |
|-----|---|-----------|-----------|-----------|---------|

donde:

|           |  |
|-----------|--|
| TRG       | Riego con gravilla   |
| X         | Tipo de riego con gravilla: <ul style="list-style-type: none"> <li>• M (monocapa),</li> <li>• MP (monocapa preengravillado),</li> <li>• B (bicapa),</li> <li>• BP (bicapa preengravillado),</li> <li>• T (tricapa).</li> </ul> |
| $d_1/D_1$ | Tamaño máximo D del árido y mínimo d de la primera capa, o única, en orden de ejecución.   |
| $d_2/D_2$ | Tamaño máximo D del árido y mínimo d de la segunda capa, en orden de ejecución.  |
| $d_3/D_3$ | Tamaño máximo D del árido y mínimo d de la tercera capa, en orden de ejecución.  |
| Ligante   | Tipo de emulsión bituminosa a emplear.   |



El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá:

- El tipo de riego con gravilla.
- El (los) tipo (s) de áridos a emplear.
- El tipo de emulsión bituminosa a emplear.
- La dotación media de cada aplicación de emulsión bituminosa y de cada fracción de árido.

La elección del tipo de riego con gravilla se realizará teniendo en cuenta las características de la superficie sobre la que se vaya a aplicar, su estado de conservación y el objetivo del tratamiento. A tal efecto, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Los riegos monocapa se emplearán exclusivamente como tratamientos de conservación preventiva para restituir la resistencia al deslizamiento de superficies de características homogéneas con buena regularidad superficial, sin bachear y constituidas por materiales bituminosos, excepcionalmente sobre materiales tratados con cemento, y nunca sobre materiales granulares.
- Sobre superficies tratadas con ligantes bituminosos o con conglomerantes hidráulicos, nuevas o que presenten un estado aceptable de conservación, se emplearán, preferentemente, riegos bicapa.
- Sobre superficies muy bacheadas y heterogéneas se emplearán, preferentemente, los riegos monocapa preengravillados o los riegos bicapa preengravillados. Si la superficie presentara exudaciones por exceso de ligante que no fuera posible eliminar, el empleo de los riegos monocapa preengravillados o bicapa preengravillados será obligatorio.
- Sobre superficies constituidas por materiales granulares se emplearán, preferentemente, los riegos bicapa, tricapa y bicapa preengravillados:
  - Riego bicapa: sobre zahorras que permitan una adecuada aplicación previa de un riego de imprimación.
  - Riego bicapa preengravillado: sobre zahorras muy cerradas en las que sea difícil conseguir la penetración del riego de imprimación, eliminando éste.
  - Riegos tricapa: sobre materiales granulares gruesos y abiertos, tipo macadam.

Salvo justificación en contrario, las dotaciones medias fijadas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y reflejadas en las mediciones del Presupuesto del Proyecto serán las señaladas en las tablas 533.8, 533.9, 533.10, 533.11 y 533.12. Respecto a la dotación de los áridos se tenderá al límite superior del intervalo establecido en las tablas 533.8, 533.9, 533.10, 533.11 y 533.12, cuanto más cúbica sea



la forma del árido y mayor su tamaño medio dentro del huso granulométrico, y al límite inferior en caso contrario.

En los riegos con gravilla que no sean monocapa podrán establecerse otras combinaciones de granulometrías de áridos siempre que se respeten las siguientes condiciones:

- La granulometría de una aplicación será más fina que la de la inmediata inferior.
- Las granulometrías de capas sucesivas no podrán solaparse.

Los husos granulométricos de las tablas 533.6 y 533.7, para granulometrías normal y especial, están basados en los tamices de la serie básica más la serie 1 de la norma UNE-EN 13043. Son los tamices recomendados porque su estructura permite una clasificación idónea de los áridos. En caso de emplear otras clasificaciones u combinaciones de tamices diferentes, se recomienda ajustar las dotaciones aplicando un multiplicador equivalente al cociente entre sus tamaños medios. En cualquier caso, para los áridos de granulometría especial sólo se admite el empleo de la serie básica más la serie 1.

**TABLA 533.8 - RIEGOS CON GRAVILLA MONOCAPA**

| HUSO DEL ÁRIDO    | APLICACIÓN DE ÁRIDO | DOTACIÓN DE ÁRIDO (l/m <sup>2</sup> ) | APLICACIÓN DE EMULSIÓN | DOTACIÓN DE LIGANTE RESIDUAL (kg/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|---------------------|---------------------------------------|------------------------|---|
| <b>A 5/11 (*)</b> | Única               | 7 - 10                                | Única                  | 1,0   |
| <b>A 4/8</b>      | Única               | 5 - 8                                 | Única                  | 0,8   |
| <b>A 2/5</b>      | Única               | 3 - 5                                 | Única                  | 0,5   |
| <b>AE 5/8</b>     | Única               | 5 - 8                                 | Única                  | 0,8   |
| <b>AE 2/5</b>     | Única               | 3 - 5                                 | Única                  | 0,5   |

(\*) Estos tratamientos no se recomiendan excepto como primera capa de un tratamiento mixto con microaglomerado en frío del tipo MICROF 4 en segunda capa



TABLA 533.9 - RIEGOS CON GRAVILLA MONOCAPA PREENGRAVILLADOS

| HUSO DEL ÁRIDO |     | APLICACIÓN DE ÁRIDO | DOTACIÓN DE ÁRIDO (l/mM <sup>2</sup> ) | APLICACIÓN DE EMULSIÓN | DOTACIÓN DE LIGANTE RESIDUAL (kg/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----|---------------------|--|------------------------|---|
| <b>A 4/8</b>   | (*) | Superior (2ª)       | 7 - 10                                 | Única                  | 1,8   |
| <b>A 11/22</b> |     | Inferior (1ª)       | 11 - 14                                |                        |   |
| <b>A 2/5</b>   | (*) | Superior (2ª)       | 5 - 7                                  | Única                  | 1,5   |
| <b>A 8/16</b>  |     | Inferior (1ª)       | 8 - 11                                 |                        |   |
| <b>A 2/5</b>   |     | Superior (2ª)       | 3 - 6                                  | Única                  | 1,0   |
| <b>A 5/11</b>  |     | Inferior (1ª)       | 5 - 8                                  |                        |   |
| <b>A 2/4</b>   |     | Superior (2ª)       | 3 - 5                                  | Única                  | 0,8   |
| <b>A 4/8</b>   |     | Inferior (1ª)       | 4 - 6                                  |                        |   |
| <b>A 4/8</b>   | (*) | Superior (2ª)       | 6 - 8                                  | Única                  | 1,6   |
| <b>A 11/16</b> |     | Inferior (1ª)       | 10 - 12                                |                        |   |
| <b>AE 2/5</b>  |     | Superior (2ª)       | 4 - 6                                  | Única                  | 1,1   |
| <b>AE 8/11</b> |     | Inferior (1ª)       | 6 - 8                                  |                        |   |
| <b>AE 2/4</b>  |     | Superior (2ª)       | 3 - 5                                  | Única                  | 0,9   |
| <b>AE 4/8</b>  |     | Inferior (1ª)       | 5 - 7                                  |                        |   |

(\*) Estas combinaciones de áridos proporcionan una macrotextura muy rugosa y fuerte sonoridad. Su empleo debe quedar restringido a zonas en las que estas características sean necesarias.



TABLA 533.10 - RIEGOS CON GRAVILLA BICAPA

| HUSO DEL ÁRIDO |     | APLICACIÓN DE ÁRIDO | DOTACIÓN DE ÁRIDO (l/mM <sup>2</sup> ) | APLICACIÓN DE EMULSIÓN | DOTACIÓN DE LIGANTE RESIDUAL (kg/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----|---------------------|--|------------------------|---|
| A 4/8          | (*) | Superior (2ª)       | 6 - 8                                  | Superior (2ª)          | 1,2   |
| A 11/22        |     | Inferior (1ª)       | 12 - 16                                | Inferior (1ª)          | 1,0   |
| A 2/5          | (*) | Superior (2ª)       | 5 - 7                                  | Superior (2ª)          | 1,0   |
| A 8/16         |     | Inferior (1ª)       | 9 - 12                                 | Inferior (1ª)          | 0,9   |
| A 2/5          |     | Superior (2ª)       | 3 - 6                                  | Superior (2ª)          | 0,8   |
| A 5/11         |     | Inferior (1ª)       | 7 - 8                                  | Inferior (1ª)          | 0,7   |
| A 2/4          |     | Superior (2ª)       | 3 - 5                                  | Superior (2ª)          | 0,7   |
| A 4/8          |     | Inferior (1ª)       | 4 - 6                                  | Inferior (1ª)          | 0,5   |
| A 4/8          | (*) | Superior (2ª)       | 6 - 9                                  | Superior (2ª)          | 1,2   |
| A 11/16        |     | Inferior (1ª)       | 10 - 13                                | Inferior (1ª)          | 1,0   |
| AE 2/5         |     | Superior (2ª)       | 4 - 6                                  | Superior (2ª)          | 0,9   |
| AE 8/11        |     | Inferior (1ª)       | 6 - 8                                  | Inferior (1ª)          | 0,7   |
| AE 2/4         |     | Superior (2ª)       | 3 - 5                                  | Superior (2ª)          | 0,7   |
| AE 4/8         |     | Inferior (1ª)       | 5 - 7                                  | Inferior (1ª)          | 0,6   |

(\*) Estas combinaciones de áridos proporcionan una macrotextura muy rugosa y fuerte sonoridad. Su empleo debe quedar restringido a zonas en las que estas características sean necesarias.

TABLA 533.11 - RIEGOS CON GRAVILLA BICAPA PREENGRAVILLADOS

| HUSO DEL ÁRIDO | APLICACIÓN DE ÁRIDO | DOTACIÓN DE ÁRIDO (l/mM <sup>2</sup> ) | APLICACIÓN DE EMULSIÓN | DOTACIÓN DE LIGANTE RESIDUAL (kg/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------------|--|------------------------|---|
| A 2/5          | Superior (3ª)       | 5 - 6                                  | Superior (2ª)          | 1,0   |
| A 5/11         | Intermedia (2ª)     | 6 - 9                                  |                        |   |
| A 11/22        | Inferior (1ª)       | 11 - 14                                | Inferior (1ª)          | 1,5   |
| A 2/4          | Superior (3ª)       | 3 - 6                                  | Superior (2ª)          | 0,9   |
| A 4/8          | Intermedia (2ª)     | 5 - 7                                  |                        |   |
| A 8/16         | Inferior (1ª)       | 8 - 11                                 | Inferior (1ª)          | 1,4   |



TABLA 533.12 - RIEGOS CON GRAVILLA TRICAPA

| HUSO DEL ÁRIDO | APLICACIÓN DE ÁRIDO | DOTACIÓN DE ÁRIDO (l/m <sup>2</sup> ) | APLICACIÓN DE EMULSIÓN | DOTACIÓN DE LIGANTE RESIDUAL (kg/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------------|---------------------------------------|------------------------|---|
| A 2/5          | Superior (3ª)       | 5 - 6                                 | Superior (3ª)          | 0,8   |
| A 5/11         | Intermedia (2ª)     | 6 - 9                                 | Intermedia (2ª)        | 1,0   |
| A 11/22        | Inferior (1ª)       | 11 - 14                               | Inferior (1ª)          | 1,1   |
| A 2/4          | Superior (3ª)       | 3 - 6                                 | Superior (3ª)          | 0,6   |
| A 4/8          | Intermedia (2ª)     | 5 - 7                                 | Intermedia (2ª)        | 0,8   |
| A 8/16         | Inferior (1ª)       | 8 - 11                                | Inferior (1ª)          | 0,9   |

Las dotaciones de emulsión bituminosa establecidas en las tablas 533.8, 533.9, 533.10, 533.11 y 533.12 podrán corregirse de acuerdo con la experiencia obtenida en casos análogos y de acuerdo con los siguientes criterios:

- Si la superficie sobre la que se aplique el tratamiento superficial está tratada con un ligante hidrocarbonado, en la primera aplicación podrá aumentarse la dotación, respecto a lo indicado en las tablas 533.8 y 533.10, hasta un quince por ciento (15 %) en caso de que dicha superficie esté muy envejecida, esté fisurada o sea pobre en ligante, o bien disminuirse hasta un diez por ciento (10 %) en el caso de que sea rica en ligante.
- Las dotaciones indicadas en las tablas 533.8, 533.9, 533.10, 533.11 y 533.12 pueden aumentarse hasta un diez por ciento (10 %) si la intensidad media diaria de vehículos pesados es inferior a diez (< 10) o disminuirse hasta un diez por ciento (10 %) si es superior a cien (> 100).
- Se deberá tener en cuenta el clima de la zona según lo establecido en la Norma 6.1 IC de Secciones de firme de la Instrucción de Carreteras, de la siguiente forma:
  - En zona cálida podrá disminuirse hasta un diez por ciento (10 %) las dotaciones de las tablas 533.8, 533.9, 533.10, 533.11 y 533.12. Por el contrario, en zona templada se podrá aumentar hasta un diez por ciento (10 %).
  - En zonas húmedas (zonas pluviométricas 1, 2, 3 y 4) podrá aumentarse la dotación hasta un diez por ciento (10 %). Asimismo, en zonas muy secas (zona pluviométrica 7) las dotaciones de emulsión podrán reducirse hasta un diez por ciento (10 %).





- Si las variaciones acumuladas de la dotación de ligante residual rebasaran el veinte por ciento (20 %), deberá considerarse la necesidad de proceder a la aplicación previa de un riego de imprimación o de un riego de adherencia sobre la superficie subyacente, según corresponda, o proceder a cambiar de tipo de riego.

En riegos bicapa y tricapa aplicados en zonas frías y húmedas se podrá disminuir la dotación de la primera aplicación y aumentar la de la segunda, sin variar la dotación de ligante residual total.

#### **533.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCION DE LAS OBRAS**

##### **533.4.1 Consideraciones generales**

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

##### **533.4.2 Equipo para la aplicación de la emulsión bituminosa**

La emulsión bituminosa se aplicará mediante un equipo autopropulsado montado sobre neumáticos, compuesto, al menos, por una cisterna, un sistema de impulsión y un dispositivo regador, que deberá ser capaz de aplicar la dotación de emulsión especificada, a la temperatura aprobada por la Dirección de la obra. El dispositivo regador estará constituido por una rampa de riego capaz de proporcionar una adecuada uniformidad transversal, a juicio de la Dirección de la obra, y deberá permitir la recirculación en vacío de la emulsión.

Para puntos inaccesibles a este equipo y para pequeños retoques, se podrá permitir la utilización de un dispositivo regador manual, cuyas características y forma de empleo deberá aprobar expresamente la Dirección de la obra.

Si fuera necesario calentar la emulsión, el equipo estará dotado de un adecuado sistema de calefacción de la cisterna, la cual deberá estar calorifugada. También deberá estar provisto el equipo de un termómetro para el control de la temperatura de la emulsión, cuyo elemento sensor no podrá estar situado en las proximidades de un elemento calentador.

El sistema de impulsión estará dotado de un elemento de control (un marcador de presión o un caudalímetro) suficientemente preciso para controlar la dosificación. Asimismo, el equipo estará dotado de un velocímetro directamente visible por el conductor.



Previamente a la aplicación de la emulsión bituminosa se comprobará el estado de los difusores del equipo, asegurándose la Dirección de la obra de que su funcionamiento es correcto, de que el ángulo de inclinación y la altura sobre el pavimento son los adecuados, y de que no existen obstrucciones, fugas ni goteos.

#### 533.4.3 Equipo para la extensión del árido

Se utilizarán extendedoras mecánicas, incorporadas a un camión o autopropulsadas, según establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En cualquier caso, el equipo utilizado proporcionará una adecuada y homogénea distribución del árido con la dotación establecida en la fórmula de trabajo.

El empleo de extendedoras autopropulsadas resulta especialmente indicado en vías con una intensidad media diaria superior a dos mil ( $> 2\ 000$ ) vehículos.

#### 533.4.4 Equipo de apisonado

Se emplearán rodillos de neumáticos. La Dirección de la obra fijará su presión de inflado, que en ningún caso será inferior a siete décimas de megapascal ( $\geq 0,7$  MPa). Sólo para labores auxiliares, y previa autorización de la Dirección de la obra, podrán utilizarse rodillos ligeros de llanta metálica, garantizando que no se produzca la rotura del árido. Su carga estática sobre la generatriz no podrá sobrepasar en ningún caso un valor de ciento cincuenta newtons por centímetro ( $\leq 150$  N/cm).

El empleo de rodillos metálicos o mixtos resulta únicamente adecuado en el caso de los riegos bicapa preengravillados sobre materiales granulares, para el apisonado de la primera extensión de árido.

El número de equipos será el suficiente para efectuar el apisonado de manera continua, sin interrupciones ni retrasos.

Todos los equipos, del tipo que sean, deberán ser autopropulsados y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas o neumáticos durante el apisonado, así como de inversores de marcha de acción suave. En ningún caso se empleará agua o líquidos antiadherentes en estos equipos.

No deberán llevar faldones de lona de aislamiento térmico por no ser necesarios y para poder observar si se producen adherencias del tratamiento superficial mediante riego con gravilla al neumático, en cuyo caso deberá suspenderse temporalmente el apisonado hasta que el material tenga la cohesión suficiente para que no se produzcan dichas adherencias.

Se cuidará de que todos los elementos de apisonado estén limpios.

En lugares inaccesibles para los equipos de apisonado se emplearán pisones mecánicos u otros medios aprobados previamente por la Dirección de la obra, con los cuales deberán lograrse resultados análogos a los obtenidos con aquellos.



#### 533.4.5 Equipo de barrido

Se emplearán barredoras mecánicas de cepillo no metálico. La Dirección de la obra establecerá en su caso la obligatoriedad de que estas barredoras estén dotadas de un dispositivo de aspiración, lo que siempre habrá de ocurrir en zonas urbanas.

Podrán utilizarse escobas o cepillos de mano en los lugares inaccesibles a los equipos mecánicos.

### 533.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

#### 533.5.1 Estudio de la fórmula de trabajo

El riego con gravilla no podrá iniciarse mientras la Dirección de la obra no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, la cual señalará:

- El tipo de riego con gravilla.
- La granulometría de cada fracción del árido, por los tamices 31,5 mm, 22,4 mm, 16 mm 11,2 mm, 8 mm, 5,6 mm, 4 mm, 2 mm y 1 mm de la UNE-EN 933-2.
- El tipo de emulsión bituminosa.
- La dosificación, si procede, de los activantes u otros aditivos que pudieran utilizarse.
- La dotación máxima, media y mínima de cada aplicación de emulsión bituminosa y de cada fracción de árido.
- El valor de la adhesividad activa obtenido en el ensayo de placa Vialit, según la norma UNE-EN 12272-3, que, en ningún caso, será inferior al noventa por ciento ( $\geq 90\%$ ), categoría de prestaciones 2, según la tabla 2 de la norma UNE-EN 12271.
- La humedad, en tanto por ciento, determinada según la norma UNE-EN 1097-5, de los áridos empleados para la determinación de la adhesividad activa.
- En su caso, la temperatura de aplicación de la emulsión bituminosa.
- El número mínimo de pasadas de cada equipo de apisonado.

En caso de no obtenerse los valores de adhesividad activa mínimos prescritos, deberá optarse por: el lavado del árido, el cambio de procedencia del árido, el empleo de activantes de adhesividad, o el cambio del tipo y/o la formulación de la emulsión bituminosa.

Para la determinación de las dotaciones de árido, cuando se disponga de los áridos que realmente vayan a emplearse en obra, y a partir de muestras representativas, se determinará su poder de cobertura (C, expresado en litros por metro cuadrado), esto es, la cantidad mínima necesaria para saturar una superficie. Establecido dicho poder de cobertura la dosificación de árido a emplear dependerá, esencialmente, de la capa en la que va a usarse cada fracción conforme a los rangos indicados en la tabla 533.13:



**TABLA 533.13. DOSIFICACIÓN DE ÁRIDOS A (en l/m<sup>2</sup>) EN FUNCIÓN DE SU PODER DE CUBRICIÓN C (en l/m<sup>2</sup>), DEL TIPO DE RIEGO Y DE LA POSICIÓN DE LA CAPA**

| TIPO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL MEDIANTE RIEGOS CON GRAVILLA | CAPA                         | DOTACIÓN (l/m <sup>2</sup> )    |
|--|------------------------------|---------------------------------|
| <b>Monocapa</b>  | Única                        | $A = (1,1-1,2) * C$             |
| <b>Monocapa preengravillado</b>                              | Superior (2 <sup>a</sup> )   | $A_{sup} = (1,2-1,3) * C_{sup}$ |
|  | Inferior (1 <sup>a</sup> )   | $A_{inf} = (0,7-0,8) * C_{inf}$ |
| <b>Bicapa</b>  | Superior (2 <sup>a</sup> )   | $A_{sup} = (1,1-1,2) * C_{sup}$ |
|  | Inferior (1 <sup>a</sup> )   | $A_{inf} = (0,9-1,0) * C_{inf}$ |
| <b>Bicapa preengravillado</b>                                | Superior (3 <sup>a</sup> )   | $A_{sup} = (1,1-1,2) * C_{sup}$ |
|  | Intermedia (2 <sup>a</sup> ) | $A_{int} = (0,9-1,0) * C_{int}$ |
|  | Inferior (1 <sup>a</sup> )   | $A_{inf} = (0,7-0,8) * C_{inf}$ |
| <b>Tricapa</b>   | Superior (3 <sup>a</sup> )   | $A_{sup} = (1,1-1,2) * C_{sup}$ |
|  | Intermedia (2 <sup>a</sup> ) | $A_{int} = (0,9-1,0) * C_{int}$ |
|  | Inferior (1 <sup>a</sup> )   | $A_{inf} = (0,7-0,8) * C_{inf}$ |

Para la determinación de las dotaciones de ligante se calculará la cantidad total de ligante residual a emplear ( $L_T$  en kg/m<sup>2</sup>) de acuerdo con la expresión:

$$L_T \text{ (kg/m}^2\text{)} = a + b * \Sigma A \text{ (l/m}^2\text{)},$$

donde:

| $L_T$    | Ligante residual total a emplear, en kg/m <sup>2</sup>   |
|----------|--|
| <b>a</b> | <p>Parámetro que depende del estado y textura del soporte, en kg/m<sup>2</sup>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En carreteras ricas en ligante o ligeramente exudadas, el valor de "a" será nulo</li> <li>- En soportes bituminosos o tratados con cemento recién aplicados, o carreteras en buen estado de conservación, el valor de "a" será de 0,2 kg/m<sup>2</sup>.</li> <li>- Con soportes muy envejecidos, muy rugosos o porosos, fisurados, el valor de "a" podrá subir hasta 0,4 kg/m<sup>2</sup>, en función de su estado.</li> <li>- En riegos preengravillados sobre materiales granulares, cuando no está prevista la aplicación de un riego de imprimación, el valor de "a" será de 0,5 kg/m<sup>2</sup>.</li> </ul> |
| <b>b</b> | <p>Parámetro adimensional que depende de la porosidad de los áridos a emplear.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En general: <math>b=0,09</math></li> <li>- Para áridos porosos se deberá aumentar el valor b hasta 0,10-0,11</li> </ul>  |



|           |  |
|-----------|--|
| <b>ΣA</b> | Suma de las cantidades de áridos a emplear en las distintas capas del riego, en l/m <sup>2</sup> . |
|-----------|--|

Para establecer la distribución del ligante residual total entre las diferentes aplicaciones de emulsión se emplearán los rangos indicados en la tabla 533.14.

**TABLA 533.14. DOSIFICACIÓN DE LIGANTE RESIDUAL EN FUNCIÓN DEL LIGANTE RESIDUAL TOTAL  $L_T$  (kg/m<sup>2</sup>), DEL TIPO DE RIEGO Y DE LA POSICIÓN DE LA CAPA**

| TIPO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL MEDIANTE RIEGOS CON GRAVILLA | CAPA                         | DOTACIÓN (kg/m <sup>2</sup> ) |
|--|------------------------------|-------------------------------|
| <b>Monocapa</b>  | Única                        | $L_T$                         |
| <b>Bicapa preengravillado</b>                                | Única                        | $L_T$                         |
| <b>Bicapa</b>  | Superior (2 <sup>a</sup> )   | $L_{sup} = (0,45-0,6) * L_T$  |
|  | Inferior (1 <sup>a</sup> )   | $L_{inf} = (0,4-0,55) * L_T$  |
| <b>Bicapa preengravillado</b>                                | Superior (2 <sup>a</sup> )   | $L_{sup} = (0,35-0,5) * L_T$  |
|  | Inferior (1 <sup>a</sup> )   | $L_{inf} = (0,5-0,65) * L_T$  |
| <b>Tricapa</b>   | Superior (3 <sup>a</sup> )   | $L_{sup} = (0,25-0,35) * L_T$ |
|  | Intermedia (2 <sup>a</sup> ) | $L_{int} = (0,30-0,40) * L_T$ |
|  | Inferior (1 <sup>a</sup> )   | $L_{inf} = (0,30-0,40) * L_T$ |

Cuando las obras vayan a realizarse en otoño o en invierno, lo que nunca resulta recomendable, a juicio de la Dirección de la obra, se podrá disminuir la dotación de la primera aplicación y aumentar la de la segunda, sin variar la dotación de ligante residual total.

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 del riego con gravilla, 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.

### 533.5.2 Preparación de la superficie existente

Inmediatamente antes de proceder a la ejecución del riego con gravilla se limpiará la superficie que haya de recibirlo de polvo, suciedad, barro seco, materia suelta o cualquier otra que pueda ser perjudicial, por medio de agua a presión o con un enérgico barrido. Se cuidará especialmente de limpiar los bordes de la zona a tratar.

Se comprobarán la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se vaya a efectuar el riego con gravilla. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o



en su defecto la Dirección de la obra, deberá indicar las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable y, en su caso, reparar las zonas dañadas de la superficie sobre la que se va a realizar el riego con gravilla.

En el caso de que la superficie existente estuviera tratada con un ligante hidrocarbonado y resultase heterogénea se deberán, además, eliminar los excesos de ligante y sellar las zonas demasiado permeables, según las instrucciones de la Dirección de la obra.

Si la superficie a tratar está constituida por un material granular y sobre ella se fuera a aplicar un riego monocapa preengravillado o un riego bicapa preengravillado, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá prever, o en su caso la Dirección de la obra podrá ordenar, la ejecución sobre aquélla de un riego de imprimación, según el artículo 530 del PG-3.

En obras de nueva construcción, cuando la superficie a tratar con un riego con gravilla estuviera constituida por un material tratado con cemento, previamente a su ejecución se eliminarán los ocasionales restos del riego de curado mediante un cepillado enérgico con cepillos de púas metálicas.

### 533.5.3 Aprovechamiento y acopio de áridos

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas. Cada fracción será suficientemente homogénea y se podrá acopiar y manejar sin peligro de segregación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, fijará el volumen mínimo de acopios exigibles antes del comienzo de las obras, según las características de éstas y la superficie total a tratar. Salvo justificación en contrario, no deberá ser inferior al cincuenta por ciento (50 %) del total ni al correspondiente a quince días (15 d) de trabajo con la producción prevista.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás, para evitar contaminaciones, y 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 (< 1,5 m), y no en 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.

### 533.5.4 Aplicación de la emulsión bituminosa

Cada una de las aplicaciones de emulsión bituminosa se hará con la dotación y a la temperatura previstas en la fórmula de trabajo, de manera uniforme y evitando la duplicación de la dotación en las juntas transversales y longitudinales de trabajo.



Se comprobará que los caudales reales proporcionados por el equipo coinciden con los deducidos de los indicadores del equipo.

En las juntas transversales de trabajo se colocarán tiras de papel u otro material bajo los difusores en las zonas donde comience o se interrumpa el riego.

Cuando la aplicación se realice por franjas, las juntas longitudinales, que deberán ser paralelas al eje de la carretera, se solaparán en una anchura de unos veinte centímetros (20 cm).

En los riegos con dos o más aplicaciones de emulsión bituminosa se evitará la coincidencia de las juntas transversales y longitudinales de trabajo de cada aplicación, modificando para ello la longitud y la anchura de las franjas de esas aplicaciones.

Se protegerán, para evitar mancharlos de emulsión, cuantos elementos o accesorios, tales como bordillos, vallas, balizas, árboles, etc., puedan sufrir esta afección.

#### 533.5.5 Extensión del árido

Cada una de las extensiones de árido se realizará de manera uniforme, y con la granulometría y la dotación previstas en la fórmula de trabajo, de manera que se evite el contacto de las ruedas del equipo de extensión con el ligante sin cubrir. Donde la extensión se realice por franjas, el árido se extenderá de forma que quede sin cubrir una banda de unos veinte centímetros (20 cm) de la franja regada junto a la que todavía no lo haya sido, a fin de conseguir un ligero solape al aplicar la emulsión en esta última.

En cualquier caso, la extensión del árido tras una aplicación de emulsión bituminosa se realizará inmediatamente después de ésta, de forma que se evite que la emulsión haya roto antes de la extensión del árido. Para ello se dispondrán suficiente número de extendedoras de árido para cubrir toda la anchura de la franja en la que haya sido aplicada la emulsión bituminosa, excepto la banda de veinte centímetros (20 cm) mencionada en el párrafo anterior cuando se trabaje por franjas. Asimismo, se trabajará de forma que las velocidades de avance del equipo de aplicación del ligante hidrocarbonado y de las extendedoras de árido sean iguales.

En el momento de su extensión la humedad del árido deberá ser tal que no perjudique su adhesividad con la emulsión bituminosa empleada o la velocidad de rotura de ésta. A tal efecto, la humedad del árido en el momento de empleo no será superior en un uno por ciento ( $\leq 1\%$ ) a la aprobada en la fórmula de trabajo.

Todos los excesos de árido, excepto en la extensión final, se eliminarán antes de la siguiente aplicación de emulsión bituminosa.

#### 533.5.6 Apisonado del árido

Inmediatamente después de cada extensión de árido, que no sea la última, se procederá a un ligero apisonado auxiliar siempre que lo ordene la Dirección de la obra. El apisonado



se ejecutará longitudinalmente comenzando por el borde inferior, progresando hacia el centro y solapándose cada pasada con la anterior.

Inmediatamente después de la última extensión de árido se procederá a su apisonado, que se ejecutará longitudinalmente, comenzando por el borde inferior, progresando hacia el centro y solapándose cada pasada con la anterior.

El equipo de apisonado realizará las pasadas necesarias hasta obtener una superficie lisa y estable. A tal efecto, deberá efectuarse el número mínimo de pasadas establecido en la fórmula de trabajo, dentro del plazo máximo establecido en el apartado 533.8. Además, el apisonado mediante los rodillos de neumáticos deberá continuarse todo el tiempo posible hasta la apertura al tráfico.

El apisonado se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todos los defectos e irregularidades que se puedan presentar.

#### **533.5.7 Eliminación del árido no adherido**

Una vez terminado el apisonado del árido, y transcurrido el plazo necesario para que el ligante utilizado en el riego alcance una cohesión suficiente, a juicio de la Dirección de la obra, para resistir la acción de la circulación normal de vehículos, deberá eliminarse todo exceso de árido que haya quedado suelto sobre la superficie antes de permitir dicha circulación. Esta eliminación se llevará a cabo preferentemente mediante aspiración, pero en todo caso el procedimiento empleado deberá ser aprobado por la Dirección de la obra.

Transcurridos quince días (15 d) desde la apertura a la circulación, y salvo orden en contrario de la Dirección de la obra, se realizará un barrido definitivo del árido que no esté adherido.

#### **533.5.8 Apertura a la circulación**

Siempre que sea posible, deberá evitarse la circulación sobre un riego con gravilla recién ejecutado, por lo menos durante las veinticuatro horas (24 h) que sigan a su terminación. Si ello no fuera factible, deberá limitarse la velocidad a cuarenta kilómetros por hora (40 km/h) durante esas veinticuatro horas (24 h), colocando asimismo la señalización correspondiente al peligro representado por las proyecciones de árido.

### **533.6 TRAMO DE PRUEBA**

Antes de iniciarse la ejecución de los riegos con gravilla será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba que se realizará según la fórmula de trabajo estudiada y empleando los mismos medios que se vayan a utilizar luego para la ejecución de las obras. Se comprobarán la fórmula de trabajo, los equipos necesarios para la ejecución de las obras y, especialmente, la forma de actuación del equipo de apisonado. Asimismo, se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad de los materiales con las condiciones especificadas.





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 533.15.

Durante la ejecución del tramo de prueba se podrá analizar 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.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, fijará la longitud y la anchura del tramo de prueba. La Dirección de la obra determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

A la vista de los resultados obtenidos, la Dirección de la obra definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo propuesta por el Contratista. En el primer caso se podrá iniciar la ejecución del riego con gravilla. En el segundo, deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en el procedimiento de ejecución, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, aprobará su forma específica de actuación. En el segundo, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar 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.

### 533.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

En todos los casos, los riegos con gravilla deberán tener un aspecto y una textura uniformes, y estar exentos de defectos localizados como exudaciones de ligante o desprendimientos de árido.

#### 533.7.1 Anchura

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.



### 533.7.2 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

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

A efectos de recepción del riego con gravilla, 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 533.15, en función del tipo de riego con gravilla. 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).

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 533.9.4, 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 533.10.2.



**TABLA 533.15. VALORES MÍNIMOS DE LA MACROTEXTURA SUPERFICIAL-MTD Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO TRANSVERSAL**

| CARACTERÍSTICA  | NORMA          | TIPO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL MEDIANTE RIEGO CON GRAVILLA                               |       |
|---|----------------|---|-------|
|   |                | Monocapa<br>A 2/5 o AE 2/5  | Resto |
|   |                | Bicapa<br>A 4/8 + A 2/4 o<br>AE 4/8 + AE 2/4  |       |
|   |                | Bicapa preengravillado y Tricapa<br>A 8/16 + A 4/8 + A 2/4 o<br>AE 8/16 + AE 4/8 + AE 2/4 |       |
| <b>Macrotextura superficial (*) (mm)</b>  | UNE-EN 13036-1 | 1,0   | 1,5   |
| <b>Resistencia al deslizamiento (**) (%)</b>  | UNE 41201 IN   | 65  |       |
| (*) Medida después de la eliminación del árido sobrante y antes de abrir al tráfico |                |   |       |
| (**) Medida una vez transcurridos dos (2) meses de la apertura al tráfico           |                |   |       |

### 533.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa de la Dirección de la obra, no se permitirá la puesta en obra:

- Cuando la temperatura ambiente sea inferior a diez grados Celsius ( $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Dicho límite se podrá rebajar por la Dirección de la obra a cinco grados Celsius ( $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), si la temperatura ambiente tiende a aumentar.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas o exista riesgo de que puedan producirse de forma inmediata.

No se realizarán riegos con gravilla sobre superficies encharcadas o con exceso de humedad.

La extensión del árido deberá realizarse inmediatamente después de la aplicación de la emulsión y, en cualquier caso, antes de que haya transcurrido el plazo máximo fijado por la Dirección de la obra.

El tiempo entre las dos operaciones no deberá sobrepasar los treinta segundos (30 s), lo que corresponde aproximadamente a una separación máxima entre equipos de cincuenta metros (50 m). Con temperaturas próximas a los límites o cuando las emulsiones posean viscosidades elevadas, la separación no debe superar los treinta metros (30 m).

El apisonado mínimo, definido en la fórmula de trabajo, deberá quedar terminado antes de treinta minutos (30 min). Todo ello sin perjuicio de que el apisonado se continúe de acuerdo con lo indicado en el apartado 533.5.6.



No se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada mientras no esté terminada su compactación y, en su caso, el barrido del árido sobrante. Durante las primeras 24 horas tras la apertura al tráfico se procurará que el tráfico circule a baja velocidad y sin realizar maniobras bruscas sobre la mezcla según se indica en el apartado 533.5.8.

### 533.9 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.

#### 533.9.1 Control de procedencia de los materiales

En el caso de productos que deban tener el marcado CE, conforme al Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, 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, 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, se deberán llevar a cabo obligatoriamente los ensayos para el control de procedencia que se indican en los apartados siguientes.

##### 533.9.1.1. Control de procedencia de la emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa deberá disponer del marcado CE según la norma UNE-EN 13808 y cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 214 de este Pliego, sobre recepción e identificación.

##### 533.9.1.2. 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 llevará 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 UNE-EN 933-1.
- La proporción de partículas parcial y totalmente trituradas, según la 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, si procede, según la norma UNE-EN 1097-8.
- Contenido de impurezas, según lo indicado en el epígrafe 541.2.3.7 y la norma UNE-EN 933-1.
- Contenido de finos en cada fracción, según la norma UNE-EN 933-1.

La Dirección de la obra podrá ordenar la repetición de estos ensayos sobre nuevas muestras, siempre que sospeche variaciones en el material, y la realización de los siguientes ensayos adicionales:

- Valores de adhesividad activa en el ensayo de choque de la placa Vialit, según la norma UNE-EN 12272-3.

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

### **533.9.2 Control de calidad de los materiales**

#### **533.9.2.1 Control de calidad de la emulsión bituminosa**

Se estará a lo indicado en el apartado 533.2.2. Las emulsiones bituminosas cumplirán lo indicado en la norma UNE-EN 13808.

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.



### 533.9.2.2 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, lascas, 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 las siguientes comprobaciones:

- Por cada setenta y cinco toneladas (75 t) o, al menos, una (1) vez al día, o cuando se cambie de procedencia, de cada fracción de árido, se tomarán muestras (norma UNE-EN 932-1), y se realizarán los siguientes ensayos:
  - Un (1) análisis granulométrico, según la norma UNE-EN 933-1.
  - Un (1) contenido de impurezas, según la norma UNE-EN 933-1
- Por cada trescientas toneladas (300 t) o, al menos, una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia, de cada fracción de árido, se tomarán muestras (norma UNE-EN 932-1), y se realizarán los siguientes ensayos:
  - Un (1) Índice de lascas, según la norma UNE-EN 933-3.
  - Una (1) proporción de partículas trituradas, según la norma UNE-EN 933-5.
- Una (1) vez al mes o cuando se cambie de procedencia:
  - Un (1) coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la norma UNE-EN 1097-2.
  - Un (1) valor de adhesividad activa en el ensayo de placa Vialit, según la norma UNE-EN 12272-3.
  - Un (1) coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para las dos capas superiores o en capa única (si se trata de un tratamiento monocapa), según la norma UNE-EN 1097-8.

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.

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 533.16.

**TABLA 533.16 – TOLERANCIAS RESPECTO A LA FÓRMULA DE TRABAJO SEGÚN LA CATEGORÍA DEL TRÁFICO PESADO (% en masa sobre el árido seco)**

| CARACTERÍSTICA                        | T31, T32 y T41 | T42 y Arcenes |
|---------------------------------------|----------------|---------------|
| <b>Cernido tamices (UNE-EN 933-2)</b> | > 4 mm         | ± 4 %         |
|                                       | 4 mm           | ± 2 %         |
|                                       | 2 mm           | ± 1 %         |

### 533.9.3 Control de ejecución

Cuando el Contratista disponga de un marcado CE conforme a la norma UNE-EN 12271 se le realizará únicamente el control de recepción de la unidad terminada, según lo indicado en el apartado 533.9.4. En caso contrario, se realizarán los controles indicados en los apartados 533.9.3.1., 533.9.3.2., 533.9.3.3. y 533.9.3.4.

#### 533.9.3.1 Aplicación de la emulsión bituminosa

Al comienzo y a la mitad de cada jornada de trabajo se comprobará el estado y la limpieza de los difusores del equipo, asegurándose de que su funcionamiento es correcto, el ángulo de inclinación y la altura sobre la superficie de aplicación son los adecuados, y no existen obstrucciones, fugas ni goteos. Asimismo, se harán comprobaciones de caudal.

La dotación de la emulsión bituminosa se comprobará según el procedimiento descrito en la norma UNE-EN 12272-1, en no menos de cinco (5) puntos por kilómetro de carril o semiancho de calzada, aleatoriamente situados de forma que haya al menos uno (1) por cada dos hectómetros (2 hm).

La Dirección de la obra podrá autorizar la comprobación de la dotación media de la emulsión bituminosa por otros procedimientos.

#### 533.9.3.2 Extensión del árido

Se comprobará que con el equipo utilizado queda garantizada una adecuada y uniforme distribución del árido.

La dotación de árido se comprobará según el procedimiento descrito en la norma UNE-EN 12272-1, en no menos de cinco (5) puntos por kilómetro de carril o semiancho de calzada, aleatoriamente situados de forma que haya al menos uno (1) por cada dos hectómetros (2 hm).



La Dirección de la obra podrá autorizar la comprobación de la dotación media de los áridos por otros procedimientos.

#### 533.9.3.3 Apisonado

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

- Que el número y el tipo de rodillos son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de limpieza.
- El lastre y la masa total de los rodillos, así como la presión de inflado de las ruedas de los rodillos de neumáticos.
- El número de pasadas de cada rodillo.

#### 533.9.3.4 Eliminación del árido sobrante

Se comprobará que, tras la realización del barrido definitivo, realizado según lo indicado en el apartado 533.5.7, queda eliminado todo el árido no adherido.

#### 533.9.4 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 metros cuadrados (3 000 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

La Dirección de la obra podrá autorizar la modificación de la definición de "lote" como la superficie tratada por una (1) sola carga del equipo para la aplicación de la emulsión bituminosa o del árido.

En todos los semiperfiles se comprobará que la superficie presenta un aspecto uniforme, así como una ausencia de manchas de ligante o de exceso de áridos. Se verificará también la anchura de la capa para el cumplimiento de lo establecido en el epígrafe 533.7.1.

Una vez por lote, se determinará la macrotextura superficial, según la norma UNE-EN 13036-1, inmediatamente antes de la apertura al tráfico. Asimismo, una vez transcurridos dos (2) meses de la puesta en servicio del riego con gravilla, se determinará la resistencia al deslizamiento, según la norma UNE 41201 IN.

En caso de que no se alcancen los valores especificados en la tabla 533.15, se realizará otra medición transcurrido un período de tiempo no superior a diez (10) meses desde la primera medida y en período seco.





## 533.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

### 533.10.1 Dotaciones de áridos y ligante residual

La dotación media, tanto de ligante residual como de áridos, de todas y cada una de las aplicaciones del riego con gravilla, no deberá diferir de la prevista en la fórmula de trabajo en menos de un cinco y en más de un diez por ciento (-5/+10 %), excepto en la del árido de la aplicación superior, para el que se admitirá una diferencia de entre el menos cinco y el más veinte por ciento (-5%/+20 %). No más de dos (2) individuo de las muestras ensayadas por kilómetro podrá presentar resultados que excedan de los límites fijados en dicha fórmula.

### 533.10.2 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

El resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial no deberá resultar inferior al valor previsto de la tabla 533.15.

Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al valor previsto en la tabla 533.15, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de la medida de macrotextura superficial resulta inferior al noventa por ciento (<90 %) del valor previsto en la tabla 533.15, se realizará un tratamiento superficial monocapa de las características y dotaciones que fije la Dirección de la obra.
- Si el resultado medio del ensayo de la medida de las macrotextura superficial resulta superior al noventa por ciento (>90 %) del valor previsto en la tabla 533.15, se aplicará una penalización económica el diez por ciento (10 %).

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 realizará un tratamiento superficial monocapa de las características y dotaciones que fije la Dirección de la obra. En todos los casos las actuaciones que se realicen serán por cuenta del Contratista.

El resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor previsto en la tabla 533.15. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más de cinco (5) unidades. De no cumplirse esta condición se medirá de nuevo, antes de transcurridos diez (10) meses, según lo indicado en el punto 533.9.4, para contrastar el cumplimiento de este apartado.



Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al valor previsto en la tabla 533.15, 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 533.15, 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 533.15, se realizará, por cuenta del Contratista, un tratamiento superficial monocapa de las características y dotaciones que fije la Dirección de la obra.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un ( $\leq 1$ ) individuo del lote ensayado 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 realizará un tratamiento superficial monocapa de las características y dotaciones que fije la Dirección de la obra. En todos los casos las actuaciones que se realicen serán por cuenta del Contratista.

### 533.11 MEDICIÓN Y ABONO

La preparación del pavimento existente se considerará incluida en la unidad de obra correspondiente a la construcción de la capa subyacente y, por tanto, no habrá lugar a su abono por separado. Únicamente cuando la capa a tratar no esté incluida en el mismo Contrato, se podrá abonar la comprobación y, en su caso, reparación del pavimento existente, por metros cuadrados ( $m^2$ ) realmente ejecutados.

La emulsión bituminosa empleada, se abonará por toneladas (t), deducidas como producto de la superficie tratada, medida sobre el terreno con arreglo a los Planos de secciones tipo, por la dotación media de ligante, deducida de los ensayos de control, y dividida por el contenido de ligante residual de la emulsión empleada. El abono incluirá su aplicación y la ejecución de las correspondientes juntas de trabajo.

Los áridos empleados en los riegos con gravilla se abonarán por metros cúbicos ( $m^3$ ), deducidos como producto de la superficie tratada, medida sobre el terreno con arreglo a los Planos de secciones tipo, por la dotación media de cada árido, deducida de los ensayos de control. El abono incluirá su extensión, su apisonado y la eliminación del árido no adherido.



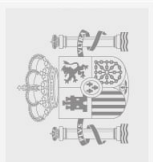
## NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO

|               |  |
|---------------|--|
| 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-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 1431   | Betunes y ligantes bituminosos. Determinación por destilación del ligante residual y de los fluidificantes en las emulsiones bituminosas.  |
| 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. Método del tamizado.  |
| UNE-EN 933-2  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.   |
| UNE-EN 933-3  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.  |
| UNE-EN 933-5  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.   |
| UNE-EN 1097-2 | Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.  |
| UNE-EN 1097-5 | Ensayos de propiedades mecánicas y físicas. Parte 5: Contenido de agua por secado en estufa.   |
| UNE-EN 1097-6 | Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.   |
| UNE-EN 1097-8 | Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado.  |
| UNE-EN 1744-3 | Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 3: Preparación de eluatos por lixiviación de áridos.   |
| UNE-EN 12271  | Revestimientos superficiales. Requisitos.  |



|                |  |
|----------------|--|
| UNE-EN 12272-1 | Tratamientos superficiales. Método de ensayo. Parte1: Índice y regularidad de la dispersión del ligante y de las gravillas.  |
| UNE-EN 12272-3 | Tratamientos superficiales. Método de ensayo. Parte 3: Determinación de la adhesión entre ligante y árido por el método del ensayo de choque de la placa Vialit.                               |
| 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 áreas.   |
| UNE-EN 13588   | Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la cohesión de los ligantes bituminosos mediante el método del péndulo.   |
| UNE-EN 13808   | Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas y su Anejo Nacional.   |

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM  
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 142 (76 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

## MICROAGLOMERADOS EN FRÍO

### 540.1 DEFINICIÓN

Se define como microaglomerado en frío a la combinación homogénea de áridos de granulometría continua con una emulsión bituminosa, agua y, eventualmente, polvo mineral de aportación y aditivos, que resulta en una mezcla bituminosa con consistencia adecuada para su puesta en obra directa e inmediata. La mezcla se fabrica a temperatura ambiente.

Los microaglomerados en frío se emplean en tratamientos de mejora de las características superficiales (impermeabilización y resistencia al deslizamiento), así como de protección frente al envejecimiento por radiación solar. Se aplican en una o dos capas de muy pequeño espesor, habitualmente no superior a un centímetro y medio ( $\leq 1,5$  cm). Su aplicación sobre superficies irregulares, bacheadas y/o descarnadas, requiere necesariamente la aplicación en dos capas y, en los casos más graves de irregularidad, de una regularización previa.

A efectos de aplicación de este artículo, este tipo de material será utilizado de acuerdo con lo especificado en la tabla 540.7 y el espesor en la puesta en obra no deberá sobrepasar significativamente el que corresponda con el tamaño máximo nominal del árido.

Su ejecución incluye las operaciones siguientes:

- Estudio previo de los materiales
- Estudio del microaglomerado en frío y obtención de la fórmula de trabajo.
- Ejecución del tramo de prueba y aprobación de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie que recibirá la mezcla.
- Fabricación de acuerdo con la fórmula aprobada.
- Extensión y, en su caso, compactación.

Los microaglomerados en frío disponen de una norma armonizada (UNE-EN 12273) que describe las especificaciones y los requisitos para el marcado CE pero que excluye de su obligatoriedad a los microaglomerados en frío diseñados por el cliente. Por esta razón los microaglomerados en frío ejecutados de acuerdo con lo establecido en el presente artículo no tendrán la obligatoriedad de disponer del marcado CE, pero no quedarán exentos del cumplimiento de los requisitos especificados en este artículo.



En ese sentido, sólo resulta obligatorio el marcado CE de los materiales, con las excepciones señaladas para áridos en los apartados 540.9.1 y 540.9.2. No obstante, resulta muy recomendable la obtención del marcado CE conforme a la mencionada norma y, en ese sentido, se establecen diferentes condiciones de control de ejecución en el apartado 540.9.3 para todos aquellos contratistas que dispongan de él, revisando la información declarada que presenten.

## 540.2 MATERIALES

### 540.2.1 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.

### 540.2.2 Emulsión bituminosa

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de emulsión bituminosa a emplear, dependiendo de la zona térmica estival y de la categoría de tráfico pesado definidas en las vigentes Norma 6.1 IC Secciones de firme. Salvo justificación en contrario, la emulsión a emplear se corresponderá con los tipos indicados en la tabla



540.1a. En cualquier caso, las emulsiones bituminosas cumplirán lo indicado en la norma UNE-EN 13808 y su anejo nacional vigente.

**TABLA 540.1.a. TIPO DE EMULSIÓN BITUMINOSA (\*) A UTILIZAR**

| ZONA<br>TÉRMICA<br>ESTIVAL  | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |  |  |                           |
|---|-----------------------------|--|--|---------------------------|
|   | T00 a T2                    | T31 y T32  | T41(**)  | T42, sellado y<br>arcenes |
| <b>Cálida</b>   | C60BP4 MIC<br>C65BP4 MIC    | C60BP4 MIC<br>C65BP4 MIC                           | C60BP4 MIC<br>C65BP4 MIC<br>C60B4 MIC<br>C65B4 MIC | C60B4 MIC<br>C65B4 MIC    |
| <b>Media</b>  |                             |  |  |                           |
| <b>Templada</b>   |                             | C60BP4 MIC<br>C65BP4 MIC<br>C60B4 MIC<br>C65B4 MIC | C60B4 MIC<br>C65B4 MIC                             |                           |
| <p>(*) Cuando la temperatura ambiente sea elevada o cuando por las condiciones específicas de la obra así se determine durante el estudio de la fórmula de trabajo, en lugar de estas emulsiones con índice de rotura clase 4 (110-195), se podrán emplear las equivalentes de clase 5 (&gt; 170), conforme a la norma UNE-EN 13808/1M y su anejo nacional.</p> <p>(**) En vías de servicio no agrícolas de autovías y autopistas</p> |                             |  |  |                           |

En relación con la elección de las clases prestacionales del ligante residual, en función del tipo de emulsión y la zona térmica estival, se estará a lo indicado en la tabla 533.1.



**TABLA 540.1b. CLASES PRESTACIONALES DEL LIGANTE RESIDUAL, OBTENIDO POR DESTILACIÓN (NORMA UNE-EN 1431),**

| ZONA<br>TÉRMICA<br>ESTIVAL  | TIPOS DE EMULSIÓN   |   |
|---|---|---|
|   | C60B4 MIC<br>C65B4 MIC  | C60BP4 MIC<br>C65BP4 MIC  |
| <b>Cálida</b>   | Pen: Clase 3 ( $\leq 100$ )<br>PR: Clase 6 ( $\geq 43$ )          | Pen: Clase 3 ( $\leq 100$ )<br>PR: Clase 4 ( $\geq 50$ )<br>EC: Clase 5 ( $\geq 0,5$ a $5$ °C)<br>RE: Clase 1 (DV)          |
| <b>Media</b>  | Pen: Clase 3 ( $\leq 100$ ) (*)<br>PR: Clase 6 ( $\geq 43$ ) (**) | Pen: Clase 3 ( $\leq 100$ ) (*)<br>PR: Clase 4 ( $\geq 50$ ) (**)<br>EC: Clase 6 ( $\geq 0,5$ a $5$ °C)<br>RE: Clase 1 (DV) |
| <b>Templada</b>   |   |   |
| Pen: Penetración a 25 °C, UNE-EN 1426<br>PR: Punto de Reblandecimiento, UNE-EN 1427<br>EC: Energía de Cohesión por fuerza ductilidad, UNE-EN 13589<br>RE: Recuperación elástica a 25 °C, UNE-EN 13398 |   |   |
| (*) Se admite Clase 4 ( $\leq 150$ ) en categoría de tráfico pesado T4<br>(**) Se admite Clase 8 ( $\geq 35$ ) en categoría de tráfico pesado T4  |   |   |

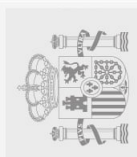
En el caso de utilizar emulsiones con adiciones para controlar su rotura o mejorar sus propiedades, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las especificaciones que deban cumplir. La dosificación y el método de dispersión de las adiciones deberán ser aprobados por la Dirección de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

### 540.2.3 Áridos

#### 540.2.3.1 Características generales

Los áridos a emplear podrán ser naturales o artificiales, siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo. No podrá emplearse como árido el material procedente del fresado de mezclas bituminosas. 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.

En caso necesario para el ajuste de la curva granulométrica, los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, las cuales se acopiarán y manejarán por separado. La combinación de las distintas fracciones en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo se realizará en el punto de fabricación o en el propio acopio empleando medios mecánicos que aseguren la homogeneidad de la mezcla





resultante. Los áridos combinados se acopiarán por separado tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones hasta el momento de la carga en el equipo de fabricación.

Los áridos deberán ser homogéneos y, preferiblemente, de una única procedencia y naturaleza. Si se obtuviesen como combinación de áridos de distinta procedencia, cada una de ellas deberá cumplir por separado las prescripciones establecidas en el apartado 540.2.3.

El equivalente de arena (SE4) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8), para la fracción 0/4 mm del árido combinado, de acuerdo con las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, y antes de la eventual incorporación del polvo mineral de aportación, deberá ser superior a sesenta ( $SE4 > 60$ ). 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 del árido combinado, deberá ser inferior a diez gramos por kilogramo ( $MBF < 10$  g/kg) y, simultáneamente, su equivalente de arena deberá ser superior a cincuenta ( $SE4 > 50$ ). Excepcionalmente, en carreteras de tráfico T42 y arcenes, podrá rebajarse la exigencia de equivalente de arena en cinco (5) puntos.

#### 540.2.3.2 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.



**540.2.3.3 Árido grueso****540.2.3.3.1 Definición**

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

**540.2.3.3.3 Angulosidad**

La categoría de caras de fractura (C) de los áridos gruesos (norma UNE-EN 933-5), deberá cumplir lo fijado en la tabla 540.2.

**TABLA 540.2. CATEGORIA PARA EL PORCENTAJE DE CARAS DE FRACTURA (C)**

| CAPA             | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                   |     |                        |
|------------------|-----------------------------|-------------------|-----|------------------------|
|                  | T00 a T31                   | T32               | T41 | T42, sellado y arcenes |
| Superior o única | C <sub>100/0</sub>          | C <sub>95/1</sub> |     | C <sub>90/1</sub>      |
| Inferior         | C <sub>95/1</sub>           | C <sub>90/1</sub> |     | C <sub>90/1</sub>      |

**540.2.3.3.4 Forma (índice de lascas)**

La categoría del índice de lascas (FI) de los áridos gruesos (norma UNE-EN 933-3), deberá cumplir lo fijado en la tabla 540.3.

**TABLA 540.3. CATEGORIA PARA EL ÍNDICE DE LAJAS (FI)**

| CAPA             | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                  |                       |
|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------|
|                  | T00 a T31                   | T32              | T4, sellado y arcenes |
| Superior o única | FI <sub>20</sub>            | FI <sub>20</sub> | FI <sub>25</sub>      |
| Inferior         | FI <sub>20</sub>            | FI <sub>25</sub> |                       |

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

La categoría del coeficiente de desgaste de Los Ángeles (LA) de los áridos gruesos (norma UNE-EN 1097-2), deberá cumplir lo fijado en la tabla 540.4.

**TABLA 540.4. - CATEGORIA PARA EL COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES (LA)**

| CAPA             | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                  |                       |
|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------|
|                  | T00 y T0                    | T1 a T32         | T4, sellado y arcenes |
| Superior o única | LA <sub>15</sub>            | LA <sub>20</sub> | LA <sub>25</sub>      |
| Inferior         | LA <sub>25</sub>            |                  |                       |



#### 540.2.3.3.6 Resistencia al pulimento en capa única o capa superior (coeficiente de pulimento acelerado)

El coeficiente de pulimento acelerado (PSV) de los áridos gruesos en capa única o capa superior (norma UNE-EN 1097-8), deberá cumplir lo fijado en la tabla 540.5.

**TABLA 540.5. CATEGORÍA PARA EL COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO (PSV)**

| CAPA             | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |                   |                   |
|------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
|                  | T00 a T0                    | T1 a T31 (*)      | T32, T4 y arcenes |
| Superior o única | PSV <sub>56</sub>           | PSV <sub>50</sub> | PSV <sub>44</sub> |

(\*) Y vías de servicio no agrícolas de autopistas y autovías

#### 540.2.3.3.7 Limpieza (contenido de impurezas)

El árido grueso deberá estar exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad del propio árido o del microaglomerado en frío.

El contenido de finos (norma UNE-EN 933-1) determinado como el porcentaje que pasa por el tamiz 0,063 mm, deberá ser inferior o igual al cinco por mil ( $\leq 5\%$ ) en masa (categoría  $f_{0,5}$ ).

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

#### 540.2.3.4 Árido fino

##### 540.2.3.4.1 Definición

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

##### 540.2.3.4.2 Procedencia

El árido fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural. Únicamente para categorías de tráfico pesado T42 y arcenes, se podrá emplear en parte arena natural no triturada, siempre que su proporción en la mezcla sea inferior al diez por ciento ( $< 10\%$ ) de la masa total del árido combinado y sin que supere, en ningún caso, el porcentaje de árido fino triturado.

En el caso de que se emplee árido fino de distinta procedencia que el grueso, corresponderá a una fracción 0/2 mm con un porcentaje retenido por el tamiz 2 mm no



superior al diez por ciento (< 10 %) del total, con el fin de evitar la existencia de partículas de tamaño superior a 2 mm que no cumplan las características exigidas en el apartado 540.2.3.2.

#### **540.2.3.4.3 Limpieza y calidad**

El árido fino deberá estar exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad del propio árido o del microaglomerado en frío.

El árido fino será no plástico (norma UNE EN ISO 17892-12).

#### **540.2.3.4.4 Resistencia a la fragmentación y al pulimento**

El material que se triture para obtener árido fino deberá cumplir las condiciones exigidas al árido grueso en los apartados 540.2.3.2.5 y 540.2.3.2.6 relativos al coeficiente de Los Ángeles (LA) y al coeficiente de pulimento acelerado (PSV).

#### **540.2.3.5 Polvo mineral**

##### **540.2.3.5.1 Definición**

A efectos de la aplicación de este artículo, se denomina polvo mineral a parte del árido total que pasa mayoritariamente por el tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2).

##### **540.2.3.5.2 Procedencia**

El polvo mineral puede ser natural y proceder de los propios áridos empleados en la fabricación de la mezcla. También podrá ser un producto comercial o especialmente preparado, en cuyo caso se denomina “de aportación”. A estos efectos, el empleo de conglomerantes hidráulicos, como el cemento o la cal, no tendrán la consideración de polvo mineral de aportación, sino de aditivos modificadores de las características mecánicas de la gravaemulsión.

##### **540.2.3.5.2 Granulometría del polvo mineral de aportación**

La granulometría del polvo mineral de aportación (norma UNE-EN 933-10) será tal que el ciento por ciento (100 %) del material pase por el tamiz de 2 mm y el retenido por el tamiz de 0,063 mm sea inferior al treinta por ciento (30 %).

##### **540.2.3.5.4 Finura y actividad del polvo mineral de aportación**

La densidad aparente del polvo mineral de aportación (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3), deberá estar comprendida entre cinco y ocho décimas de gramos por centímetro cúbico (0,5 a 0,8 g/cm<sup>3</sup>).



#### 540.2.4 Agua

El agua no deberá contener ningún ingrediente que altere la rotura de la emulsión o perjudique a la cohesión final del microaglomerado en frío. El agua potable de los núcleos urbanos que cumpla el Real Decreto 314/2016, se considerará, en principio, apta para su empleo y, en general, se podrá emplear cualquier agua sancionada como aceptable por la práctica.

#### 540.2.5 Aditivos

Se considerarán como aditivos todos aquellos productos que se puedan incorporar al microaglomerado en frío para mejorar su fabricación y puesta en obra, sus características mecánicas y/o sus prestaciones en servicio. A efectos de aplicación de este artículo, se pueden considerar algunos aditivos de uso habitual para acortar el tiempo de curado, para mejorar la cohesión y resistencia mecánica a corto plazo, así como los reguladores de la rotura de la emulsión.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los aditivos que pueden utilizarse (a excepción del aditivo para el control de la rotura de la emulsión, que queda excluido de esta aprobación), los cuales deberán ser especificados en la fórmula de trabajo y aprobados por la Dirección de la obra.

#### 540.3 TIPO, COMPOSICIÓN Y DOTACION DEL MICROAGLOMERADO EN FRÍO

La designación de los microaglomerados en frío se hará de la siguiente manera:

|        |   |         |         |
|--------|---|---------|---------|
| MICROF | D | sup/inf | ligante |
|--------|---|---------|---------|

donde:

|                |   |
|----------------|---|
| <i>MICROF</i>  | denominación de un microaglomerado en frío.   |
| <i>D</i>       | tamaño máximo del árido, expresado como el primer tamiz de la serie que no deja pasar el cien por cien (100%) del total del árido |
| <i>sup/inf</i> | indicación del empleo en capa única o capa superior (sup) o en capa inferior (inf).   |
| <i>ligante</i> | tipo de emulsión utilizada.   |

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el huso granulométrico dentro del que deberá estar comprendida la curva granulométrica del árido combinado, que será uno de los indicados en la tabla 540.6. El análisis granulométrico se realizará según la UNE-EN 933-1.



TABLA 540.6. HUSOS GRANULOMÉTRICOS CERNIDO ACUMULADO (% EN MASA)

| TIPO             | APERTURA DE LOS TAMICES (mm). Norma UNE-EN 933-2 |        |        |        |        |       |       |       |       |
|------------------|--|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                  | 16   | 11,2   | 8      | 5,6    | 4      | 2     | 1     | 0,5   | 0,063 |
| <b>MICROF 11</b> | 100  | 90-100 | 77-92  | 64-83  | 55-74  | 35-55 | 22-41 | 14-28 | 3-7   |
| <b>MICROF 8</b>  |  | 100    | 90-100 | 75-90  | 60-84  | 42-62 | 25-45 | 15-30 | 5-9   |
| <b>MICROF 6</b>  |  |        | 100    | 90-100 | 75-90  | 55-75 | 40-60 | 25-42 | 6-12  |
| <b>MICROF 4</b>  |  |        |        | 100    | 90-100 | 70-90 | 53-74 | 35-56 | 10-18 |

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo, la composición, la dotación media y mínima (excluida o incluida el agua total en función de cómo se haya determinado el precio de abono del microaglomerado en frío y el número de capas de su aplicación), que deberán cumplir lo especificado en la tabla 540.7.

TABLA 540.7. COMPOSICIÓN, DOTACIÓN Y CAMPO DE APLICACIÓN

| CARACTERÍSTICA  | TIPO DE MICROAGLOMERADO EN FRÍO |          |   |  |
|---|---------------------------------|----------|---|--|
|   | MICROF 11                       | MICROF 8 | MICROF 6  | MICROF 4   |
| <b>Dotación media (kg/m<sup>2</sup>) (excluida el agua total)</b>   | 12-16                           | 9-13     | 7-12  | 5-10   |
| <b>Ligante residual (*) (% en masa de árido)</b>  | 5,0-7,0                         | 6,5-8,5  | 7-9,5   | 7,5-11   |
| <b>Capa en la que se aplica Superior o única Inferior</b>   | Superior o única                |          | Cualquiera  | Inferior   |
| <b>Campo de aplicación por categoría de tráfico pesado</b>  | T00 a T4                        |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Superior o única: T3 y T4</li> <li>•Inferior: T00 a T2</li> </ul> | En arcenes y como capa Inferior para cualquier tráfico |
| (*) Incluidas las tolerancias especificadas en el apartado 540.9.3. Si son necesarias, se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos. |                                 |          |   |  |

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 de betún residual de la tabla 540.7 se deberán corregir multiplicando por el factor:  $a = 2,65 / \rho_d$ ; donde  $\rho_d$  es la densidad de las partículas de árido.



## 540.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

### 540.4.1 Consideraciones generales

No se podrá utilizar en la ejecución de un microaglomerado en frío ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por la Dirección 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 las obras.

### 540.4.2 Equipo de fabricación y extensión

Lo dispuesto en este apartado se entenderá sin perjuicio de lo establecido en la norma UNE-EN 12273 para el mercado CE.

El microaglomerado en frío se fabricará en mezcladoras móviles autopropulsadas que simultáneamente realizarán la extensión por medio de una caja repartidora, remolcada sobre la superficie a tratar. El equipo dispondrá de los elementos para realizar o facilitar la carga de todos los materiales (áridos, emulsión, agua de envuelta, adiciones, etc.), así como de la capacidad de carga necesaria para realizar aplicaciones en continuo de al menos mil metros cuadrados ( $> 1.000 \text{ m}^2$ ) en una única aplicación.

El mezclador será de tipo continuo, y las salidas de los tanques y tolvas de los distintos materiales estarán adecuadamente taradas, contrastadas y sincronizadas, para lograr la composición correspondiente a la fórmula de trabajo. La mezcla así constituida pasará a una caja repartidora a través de una compuerta regulable, provista del número de salidas necesario para distribuirla uniformemente en la misma.

Dicha caja repartidora será metálica, de anchura regulable, y deberá estar dotada: de dispositivos de cierre laterales, de una maestra final de goma regulable en altura, de patines laterales, y de un dispositivo en su interior que reparta uniformemente la mezcla delante de la maestra.

Además, los patines laterales y la maestra deberán ser renovados cuantas veces resulte preciso para asegurar un reparto transversal homogéneo y uniforme y de acuerdo con la dotación prescrita.



### 540.4.3 Equipo de compactación

En los casos en los que se exija la compactación del microaglomerado en frío, se utilizarán compactadores de neumáticos, estando prohibido el uso de cualquier elemento de compactación con llanta metálica.

Dichos compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores de sentido de marcha de acción suave y estar dotados de dispositivos para la limpieza de los neumáticos durante la compactación.

Las ruedas del compactador serán lisas y estarán dispuestas en número, tamaño y configuración de manera tal que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras. No se permitirá la humectación con agua de la superficie de los neumáticos.

No deberán llevar faldones de lona de aislamiento térmico por no ser necesarios y para poder observar si se producen adherencias del microaglomerado en frío al neumático, en cuyo caso deberá suspenderse temporalmente la compactación hasta que el material tenga la cohesión suficiente para que no se produzcan dichas adherencias.

### 540.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

#### 540.5.1 Estudio del microaglomerado en frío y obtención de la fórmula de trabajo

La fabricación y puesta en obra del microaglomerado en frío no deberá iniciarse hasta que la Dirección de la obra haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en el tramo de prueba correspondiente, en el que se deberá alcanzar la macrotextura superficial prescrita. Dicha fórmula fijará, como mínimo, las características siguientes:

- Granulometría de los áridos combinados, por los tamices establecidos en el huso granulométrico (apartado 540.3), y en su caso, los porcentajes de las distintas fracciones a emplear en el microaglomerado en frío.
- El tipo y dosificación de emulsión bituminosa a utilizar, referida a la masa total de los áridos, indicando el porcentaje de ligante residual.
- Tipo y dotación de los aditivos, referida a la masa total de los áridos.

La fórmula de trabajo se diseñará según lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, que salvo justificación en contra cumplirá los criterios de las tablas 540.8 y 540.9.





TABLA 540.8. CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN DE LOS MICROAGLOMERADOS EN FRÍO

| CARACTERÍSTICA   | NORMA<br>UNE-EN | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |         |       |                           |
|--|-----------------|-----------------------------|---------|-------|---------------------------|
|  |                 | T00 a T1                    | T2 y T3 | T41   | T42, sellado y<br>arcenes |
| Desgaste (g/m <sup>2</sup> )<br>Pérdida a la abrasión<br>por vía húmeda  | 12274-5         | ≤ 350                       | ≤ 450   | ≤ 550 | ≤ 650                     |
| Cohesión (minutos)<br>Tiempo para alcanzar un<br>par de torsión de 2 N·m | 12274-4         | ≤ 30                        |         | ≤ 60  |                           |

La fórmula de trabajo del microaglomerado en frío deberá asegurar el cumplimiento de las características de la unidad terminada en lo referente a la macrotextura superficial y a la resistencia al deslizamiento, conforme a lo indicado en el apartado 540.7.

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.

#### 540.5.2 Preparación de la superficie existente

Se comprobará el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender el microaglomerado en frío. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de la obra, indicará las medidas encaminadas a reparar zonas dañadas, si fuera necesario.

Inmediatamente antes de proceder a la ejecución del microaglomerado en frío se limpiará la superficie que haya de recibirlo de polvo, suciedad, barro seco, materia suelta o cualquier otra que pueda ser perjudicial, por medio de agua a presión o con un energético barrido. Se cuidará especialmente de limpiar los bordes de la zona a tratar.

Si la superficie a tratar con microaglomerado en frío estuviese constituida por un pavimento bituminoso, y éste fuese heterogéneo, se deberán eliminar los posibles excesos de ligante hidrocarbonado mediante microfresado, se sellarán las zonas demasiado permeables y se repararán los deterioros que pudieran impedir una correcta



adherencia del microaglomerado en frío, lo que deberá contar con la aprobación de la Dirección de la obra.

Asimismo, deberán eliminarse las marcas viales existentes, en particular las de tipo plástico y termoplástico.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá prever la ejecución de un riego de adherencia, conforme al artículo 531 de este Pliego, pero excluyendo el empleo de emulsiones termoadherentes.

En el caso de que la superficie existente tuviera una textura fina y lisa, y no fuera posible, o aconsejable, adecuarla mediante un microfresado, para mejorar la adherencia, será preceptiva la aplicación en dos (2) capas, siendo la capa inferior del tipo MICROF 4.

Asimismo, en el caso de que se vaya a extender un microaglomerado en frío como capa de rodadura sobre un pavimento de hormigón será preceptiva la aplicación en dos (2) capas, siendo la capa inferior del tipo MICROF 4.

Cuando la superficie existente se encuentre a una temperatura superior a cincuenta grados centígrados ( $> 50$  °C), la Dirección de la obra podrá autorizar, si lo estima conveniente, su humectación con la dotación de agua pulverizada previamente ensayada y repartida de manera uniforme, inmediatamente antes de la aplicación del microaglomerado en frío.

### 540.5.3 Aprovechamiento y acopio de áridos

Con carácter general, los áridos se suministrarán ya combinados.

Si los áridos se suministraran en fracciones granulométricas diferenciadas, estas deberán ser homogéneas. Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás, para evitar contaminaciones, y 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 ( $< 1,5$  m), y no en 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.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, fijará el volumen mínimo de acopios exigibles antes del comienzo de las obras, según las



características de éstas y la superficie total a tratar. Salvo justificación en contrario, no deberá ser inferior al cincuenta por ciento (50 %) del total ni al correspondiente a quince días (15 d) de trabajo con la producción prevista.

#### **540.5.4 Fabricación del microaglomerado en frío**

Lo dispuesto en este apartado se entenderá sin perjuicio de lo establecido en la norma UNE-EN 12273 para el mercado CE.

Las proporciones de los componentes serán conformes con la fórmula de trabajo aprobada. La incorporación de los materiales se hará de manera que la envuelta de los áridos por el ligante sea completa y homogénea. El proceso de rotura de la emulsión no deberá iniciarse, en ningún caso, mientras el microaglomerado en frío permanezca en la mezcladora.

La mezcla fabricada deberá verter a la caja repartidora de forma continua. El desnivel entre la descarga del mezclador y la superficie deberá regularse, de forma que no se produzcan segregaciones. Toda mezcla heterogénea o que muestre una envuelta defectuosa de los áridos por la emulsión bituminosa será rechazada.

#### **540.5.5 Extensión**

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, establecerá la anchura de extendido en cada aplicación. El avance de los equipos de extensión se hará paralelamente al eje de la vía, con la velocidad conveniente para obtener la dotación prevista y una textura uniforme.

Cuando se extienda por franjas longitudinales, entre cada dos (2) contiguas deberá establecerse un solape de diez centímetros (10 cm). En el caso de aplicaciones de capa superior, los solapes de la capa inferior y de la superior no deberán coincidir para evitar una dotación excesiva. Al finalizar la extensión de cada franja se realizará una junta transversal de trabajo, de forma que quede recta y perpendicular al eje de la vía.

#### **540.5.6 Compactación**

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, podrá exigir la compactación del microaglomerado en frío aplicado en autovías o en carreteras convencionales con categoría de tráfico pesado T1 o superior. Asimismo, cuando las condiciones climatológicas o de trazado así lo requieran, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de la obra, podrán establecer la necesidad de compactar el microaglomerado en frío.



En cualquier caso, cuando fuera precisa la compactación, ésta se realizará mediante el empleo de compactadores de neumáticos, una vez rota la emulsión y antes de finalizar el período de curado del material extendido. La compactación tendrá como finalidad acortar el tiempo de curado, aumentando la cohesión inicial del microaglomerado en frío y permitiendo una apertura más rápida al tráfico.

Deberá prestarse especial atención al momento de iniciar la compactación, de manera que no se produzca la adherencia de parte del tratamiento, por baja cohesión, a la superficie del neumático. Tampoco deberá retrasarse tanto que el material tenga un grado de cohesión tal que el compactador no aporte mejora alguna.

El compactador deberá trabajar por franjas sobre el microaglomerado en frío extendida con cada carga del equipo de fabricación y extensión. Se deberá empezar por el extremo inicial del extendido y compactar longitudinalmente por un borde con una o dos ruedas como máximo, observando si se produce la adherencia del material al neumático del compactador y continuando o suspendiendo temporalmente la compactación, según el comportamiento observado.

#### 540.6 TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la puesta en obra del microaglomerado en frío, será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo, la adecuación de la dotación prevista y la forma de actuación del equipo de fabricación y extendido y el de compactación, en su caso.

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 podrá analizar los aspectos siguientes:

- El funcionamiento del equipo de fabricación y puesta en obra del microaglomerado en frío.
- Se tomarán muestras del microaglomerado en frío y se ensayarán para determinar su conformidad con las condiciones especificadas.
- La correlación, en su caso, entre los sistemas de control de la dosificación de la emulsión bituminosa y del contenido de ligante final en el microaglomerado en frío.
- Los tiempos de rotura de la emulsión y de apertura al tráfico.



- Se comprobará expresamente la macrotextura superficial obtenida, mediante el método volumétrico (norma UNE-EN 13036-1), que deberá cumplir los valores establecidos en el apartado 540.7
- 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.

A la vista de los resultados obtenidos, la Dirección de la obra definirá:

- Si son aceptables o no la fórmula de trabajo y la macrotextura superficial obtenida. En el primer caso se podrá iniciar la fabricación. En el segundo, el Contratista deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, definirá su forma específica de actuación. En el segundo, el Contratista deberá proponer nuevos equipos, o incorporar equipos complementarios.

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

#### **540.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA**

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

A efectos de recepción del microaglomerado en frío, 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 540.10, en función del tipo de microaglomerado en frío. 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 equipo de alto rendimiento, se tomará como valor la media cada cien metros (100 m) de los valores de la medida cada diez metros (10 m).

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 540.9.3, 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 540.10.2.

**TABLA 540. 10. VALORES MÍNIMOS DE LA MACROTEXTURA SUPERFICIAL-MTD Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO TRANSVERSAL**

| CARACTERÍSTICA   | NORMA<br>UNE- | TIPO DE MICROAGLOMERADO EN FRÍO |          |          |          |
|--|---------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
|  |               | MICROF 11                       | MICROF 8 | MICROF 6 | MICROF 4 |
| Macrotextura superficial (*) (mm)  | EN 13036-1    | ≥ 1,2                           | ≥ 0,8    | ≥ 0,6    | ≥ 0,4    |
| Resistencia al deslizamiento (**) (%)  | 41201 IN      | 65                              |          | 60       | 55       |
| (*) Medida lo antes posible antes de la apertura al tráfico<br>(**) Medida una vez transcurridos, como mínimo, 7 días (7 d) desde la aplicación del microaglomerado en frío. |               |                                 |          |          |          |

#### 540.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa de la Dirección de la obra, no se permitirá la puesta en obra de microaglomerados en frío:

- Cuando la temperatura ambiente sea inferior a diez grados Celsius (< 10 °C). Dicho límite se podrá rebajar por la Dirección de la obra a cinco grados Celsius (5 °C), si la temperatura ambiente tiende a aumentar.



- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas o exista riesgo de que puedan producirse de forma inmediata.

Se evitará todo tipo de circulación sobre la capa extendida mientras no haya adquirido la cohesión suficiente para resistir adecuadamente la acción del tráfico.

Cuando se prevea la aplicación de más de una capa, se aplicará la capa superior después de haber sometido la inferior a la acción de la circulación durante al menos un día (1 d), y siempre, previo barrido del material desprendido.

### **540.9 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.

#### **540.9.1 Control de procedencia de los materiales**

En el caso de productos que deban tener el marcado CE, conforme al Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en este Pliego. 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, se deberán llevar a cabo obligatoriamente los ensayos para el control de procedencia que se indican en los apartados siguientes.

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

La emulsión bituminosa deberá disponer del marcado CE según la norma UNE-EN 13808 y cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 214 de este Pliego (PG3), sobre recepción e identificación.



### 540.9.1.2 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 por el propio Contratista 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 (norma UNE-EN 933-1).
- La proporción de partículas parcial y totalmente trituradas (norma UNE-EN 933-5).
- El índice de lajas del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- El coeficiente de desgaste de Los Ángeles del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capa superior o única (norma UNE-EN 1097-8).
- Contenido de impurezas del árido grueso, según lo indicado en el epígrafe 541.2.3.7 y la norma UNE-EN 933-1.
- La densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).
- 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).

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





### 540.9.1.3 Control de procedencia de los áridos del polvo mineral de aportación

Si el polvo mineral a emplear dispone de marcado CE, 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, 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 el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del polvo mineral de aportación, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y con ellas se determinará la granulometría (norma UNE-EN 933-10) y la densidad aparente (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3).

### 540.9.2 Control de calidad de los materiales

#### 540.9.2.1 Emulsión bituminosa

Se estará a lo indicado en el apartado 540.2.2. La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas para su empleo en esta unidad de obra en el artículo 214 de este Pliego, sobre el control de calidad.

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.

#### 540.9.2.2 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, lajas, 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 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, 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, por cada cien toneladas (100 t), o fracción de árido combinado, se tomarán muestras (norma UNE-EN 932-1), y se realizarán los siguientes ensayos:

- Un (1) análisis granulométrico (norma UNE-EN 933-1).
- Dos (2) equivalentes de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8).

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 artículo.

Las tolerancias admisibles, en más o en menos, 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 (norma UNE-EN 933-2): cuatro por ciento ( $\pm 4$  %).
- Tamices entre el 2 mm y el 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2): tres por ciento ( $\pm 3$  %).
- Tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2): uno por ciento ( $\pm 1$  %).

#### 540.9.2.3 Polvo mineral de aportación

Si el polvo mineral a emplear dispone de marcado CE, 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, 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 el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del polvo mineral de aportación, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y con ellas se determinará la granulometría (norma UNE-EN 933-10) y la densidad aparente (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3).

#### 540.9.3 Control de ejecución

Cuando el Contratista disponga de un marcado CE conforme a la norma UNE-EN 12273 se le realizará únicamente el control de recepción de la unidad terminada, según lo



indicado en el apartado 540.9.4. En caso contrario, se realizarán los controles indicados en este apartado 540.9.3. además de los indicados en 540.9.4.

Se considerará como lote de microaglomerado en frío, que se aceptará o rechazará en bloque, el correspondiente a cuatro (4) cargas consecutivas del equipo de fabricación y extensión, o a la producción diaria si ésta es menor.

La dotación del microaglomerado en frío, expresada en kilogramos por metro cuadrado (kg/m<sup>2</sup>), se determinará diariamente mediante la norma UNE-EN 12274-6, dividiendo la masa total de mezcla fabricada y extendida, por la superficie realmente tratada medida sobre el terreno. La masa total de mezcla se calculará por diferencia de masa de la mezcladora antes y después de la extensión y descontando, de este valor, el agua total contenida, si procede, determinada por ensayos de control en laboratorio. Para ello deberá disponerse de una báscula contrastada.

De cada lote se tomarán al menos cuatro (4) muestras, elegidas de manera que dos (2) de ellas correspondan a una misma carga. Sobre estas muestras, tomadas de acuerdo con la norma UNE-EN 12274-1 a la salida del canal que alimenta la caja repartidora, se obtendrá el contenido medio de betún residual mediante ensayos de extracción (norma UNE-EN 12274-2).

La tolerancia admisible del valor medio de los ensayos de extracción correspondientes a un mismo lote, en más o en menos, respecto de la dosificación de betún residual de la fórmula de trabajo, expresada en masa respecto del total de áridos (incluido el polvo mineral), será del cinco por mil ( $\pm 5\%$ ) sin ser en ningún caso inferior al mínimo especificado en el apartado 540.3, según el tipo de microaglomerado en frío de que se trate.

En aquellas obras en las que, por indicación del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, de la Dirección de la obra, se exija la compactación de la capa extendida, para aumentar la cohesión inicial y permitir una más rápida apertura al tráfico con el mínimo desprendimiento de árido, se comprobará la actuación del compactador verificando los aspectos siguientes:

- Que las características del compactador se corresponden con lo aprobado.
- Que los dispositivos de limpieza del mismo funcionan correctamente.
- Que no se realiza humectación de las ruedas en momento alguno.
- El lastre y peso total del compactador, de acuerdo con lo especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de la obra.



- La efectividad de la compactación mejorando la cohesión inicial del microaglomerado en frío, pero sin afectar sensiblemente a la macrotextura especificada.

#### 540.9.4 Control de recepción de la unidad terminada

Sobre la capa única o superior construida se realizarán los ensayos siguientes, que deberán cumplir lo establecido en la tabla 540.10:

- Medida de la macrotextura superficial (norma UNE-EN 13036-1), inmediatamente antes de abrir al tráfico, en tres (3) puntos del lote aleatoriamente elegidos y distribuidos a lo largo de la longitud total del mismo. Si durante la ejecución del tramo de prueba se hubiera determinado la correspondencia con un equipo de medida mediante texturómetro láser, se podrá emplear el mismo equipo como método rápido de control.
- Determinación de la resistencia al deslizamiento (norma UNE 41201 IN), una vez transcurridos siete días (7 d) desde la extensión del microaglomerado en frío, en toda la longitud de la obra.

#### 540.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

##### 540.10.1 Dotaciones de microaglomerado en frío y de ligante bituminoso

La dotación media de microaglomerado en frío, obtenida según el apartado 540.9.3, no deberá diferir de la establecida en la fórmula de trabajo en menos de un cinco y en más de un diez por ciento (-5/+10 %). Si se rebasara esta tolerancia, se procederá de la siguiente manera:

- Si la dotación media de microaglomerado en frío es superior o igual al noventa por ciento ( $\geq 90$  %) de la especificada, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10 %) a la capa correspondiente al lote controlado.
- Si la dotación media de microaglomerado en frío es inferior al noventa por ciento ( $< 90$  %) de la especificada, se colocará una nueva capa de microaglomerado en frío de las mismas características, sobre la inicialmente construida, que cumpla lo prescrito en el Proyecto. En todos los casos las actuaciones que se realicen serán por cuenta del Contratista.
- Si la dotación media de microaglomerado en frío excede de la tolerancia prevista en la fórmula de trabajo, se realizarán ensayos adicionales de macrotextura superficial (UNE-EN 13036-1) y de resistencia al deslizamiento (norma UNE 41201 IN) a los diez (10) meses, o antes si se detectaran problemas de pérdida



de textura. Si no se cumplieran los requisitos establecidos en la tabla 540.10, se demolerá la capa correspondiente al lote controlado, mediante fresado o cualquier otro procedimiento aprobado por la Dirección de la obra, y se repondrá, todo ello por cuenta del Contratista.

La dotación media de ligante residual respecto a la masa total de áridos, obtenida en el lote según lo indicado en el apartado 540.9.3, no deberá diferir de la prevista en la fórmula de trabajo en más de un cinco por mil ( $\pm 5 \%$ ). Si se rebasara esta tolerancia, se procederá de la siguiente manera:

- Si la diferencia entre la dotación media de ligante residual y la prevista en la fórmula de trabajo no es superior a un uno por ciento ( $\leq 1\%$ ), se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10 %) a la capa correspondiente del lote controlado.
- Si la dotación media de ligante es inferior a la prevista en la fórmula de trabajo en más de un uno por ciento ( $< 1 \%$ ), se colocará una nueva capa de microaglomerado en frío de las mismas características, sobre la inicialmente construida, que cumpla lo prescrito en el Proyecto. En todos los casos las que actuaciones se realicen serán por cuenta del Contratista.
- Si la dotación media de ligante excede de la prevista en la fórmula de trabajo en más de un uno por ciento ( $> 1 \%$ ), se demolerá mediante fresado, o cualquier otro procedimiento aprobado por la Dirección de la obra, la capa correspondiente al lote controlado, y se repondrá, todo ello por cuenta del Contratista.

## 540.10.2 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

### 540.10.2.1 Macrotextura superficial

El resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial, no deberá ser inferior al valor especificado en la tabla 540.10.

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 540.



10, se colocará una nueva capa de microaglomerado en frío de las mismas características, sobre la inicialmente construida, que cumpla lo prescrito en el Proyecto. En todos los casos las actuaciones que se realicen serán 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 colocará una nueva capa de microaglomerado en frío de las mismas características, sobre la inicialmente construida, que cumpla lo prescrito en el Proyecto. En todos los casos las actuaciones que se realicen serán por cuenta del Contratista.

#### 540.10.2.2 Resistencia al deslizamiento

El resultado medio del ensayo de la determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al especificado en la tabla 540. 10. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al noventa por ciento (90 %) del valor previsto en la tabla 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 colocará una nueva capa de microaglomerado en frío de las mismas características, sobre la inicialmente construida, que cumpla lo prescrito en el Proyecto. En todos los casos las actuaciones que se realicen serán 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 colocará una nueva capa de microaglomerado en frío de las mismas características, sobre la inicialmente construida, que cumpla lo prescrito en el Proyecto. En todos los casos las actuaciones que se realicen serán por cuenta del Contratista.



### 540.11 MEDICIÓN Y ABONO

La preparación del pavimento existente se considerará incluida en la unidad de obra correspondiente a la construcción de la capa subyacente y, por tanto, no habrá lugar a su abono por separado. Únicamente cuando la capa a tratar no esté incluida en el mismo Contrato, se abonará la comprobación y, en su caso, la reparación del pavimento existente, por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados.

Si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares previera la ejecución de un riego de adherencia, éste se abonará según lo previsto para ello en el artículo 531 de este Pliego.

La fabricación y extensión del microaglomerado en frío, excluida la emulsión bituminosa, se abonará por toneladas (t), obtenidas como producto de la superficie realmente tratada, medida sobre el terreno con arreglo a la sección-tipo de los planos, por la dotación media deducida de los ensayos de control, conforme se especifica en el apartado 540.9.3.

La emulsión bituminosa empleada, se abonará por toneladas (t), deducidas aplicando a la medición del microaglomerado en frío, la dotación media de emulsión obtenida en los ensayos de control.

Los aditivos, reguladores de rotura u otros, si los hubiere, sólo 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.



## NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO

|               |  |
|---------------|--|
| 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-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 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. Método del tamizado.  |
| UNE-EN 933-2  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.   |
| UNE-EN 933-3  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.  |
| UNE-EN 933-5  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.   |
| UNE-EN 933-8  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.  |
| UNE-EN 933-9  | Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.   |
| UNE-EN 933-10 | 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 | 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 | 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 | 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  | Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado.  |
| UNE-EN 1744-3  | Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 3: Preparación de eluatos por lixiviación de áridos.   |
| UNE-EN 12273   | Lechadas bituminosas. Especificaciones.  |
| UNE-EN 12274-1 | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Toma de muestras para la extracción del ligante.  |
| UNE-EN 12274-2 | Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del contenido en ligante residual.   |
| UNE-EN 12274-4 | Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la cohesión de la mezcla.   |
| UNE-EN 12274-5 | Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación del desgaste (ensayo de abrasión por vía húmeda).  |
| UNE-EN 12274-6 | Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Velocidad de aplicación (Dotación).   |
| 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 13398   | Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la recuperación elástica de los 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 las emulsiones bituminosas catiónicas y su Anejo Nacional.   |
| UNE-EN 13043   | Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas.   |

FIRMADO



## 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



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.



### 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<sub>1</sub>).

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.



**541.3 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.





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.



#### 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.

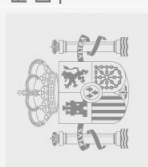
En lugares inaccesibles para la extendedora y en bacheos en pequeñas áreas, el extendido se podrá realizar de forma manual.

#### 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



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



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).



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.





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 ( $< 500 \text{ m}^3$ ), 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 ( $\leq 1,5 \text{ m}$ ), 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.



### 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 extendidora a la producción de la central de fabricación, de modo que sea constante y que no se detenga.

La extendidora se regulará de forma que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, 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



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:



- 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



**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(***)        |      |       |

(\*) Medida inmediatamente después de la puesta en obra y, en el caso de haber utilizado un enarenado, después de un energético barrido.  
 (\*\*) Medida una vez transcurrido dos meses de la puesta en servicio de la capa.  
 (\*\*\*) Para categorías de tráfico T42 se admitirá un valor mínimo de 50.

#### 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).



- 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.



- 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.



## 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



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: MFOM02S3BDBBF7E37F7DEB01DDB5E. 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



|                 |  |
|-----------------|--|
| 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



|                     |  |
|---------------------|--|
| 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

