

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

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS
Total folios: 142 (78 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

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 TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T00 a T2	T31 y T32	T41(**)	T42, sellado y arcenes
Cálida	C60BP4 MIC C65BP4 MIC	C60BP4 MIC C65BP4 MIC	C60BP4 MIC C65BP4 MIC C60B4 MIC C65B4 MIC	C60B4 MIC C65B4 MIC
Media				
Templada			C60BP4 MIC C65BP4 MIC C60B4 MIC C65B4 MIC	C60B4 MIC 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 (> 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.

FIRMADO



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

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

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS
Total folios: 142 (81 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

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 _{100/0}	C _{95/1}		C _{90/1}
Inferior	C _{95/1}	C _{90/1}		C _{90/1}

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 ₂₀	FI ₂₀	FI ₂₅
Inferior	FI ₂₀		FI ₂₅

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 ₁₅	LA ₂₀	LA ₂₅
Inferior		LA ₂₅	



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 ₅₆	PSV ₅₀	PSV ₄₄

(*) 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/cm³).



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
MICROF 11	100	90-100	77-92	64-83	55-74	35-55	22-41	14-28	3-7
MICROF 8		100	90-100	75-90	60-84	42-62	25-45	15-30	5-9
MICROF 6			100	90-100	75-90	55-75	40-60	25-42	6-12
MICROF 4				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
Dotación media (kg/m ²) (excluida el agua total)	12-16	9-13	7-12	5-10
Ligante residual (*) (% en masa de árido)	5,0-7,0	6,5-8,5	7-9,5	7,5-11
Capa en la que se aplica Superior o única Inferior	Superior o única		Cualquiera	Inferior
Campo de aplicación por categoría de tráfico pesado	T00 a T4		<ul style="list-style-type: none"> •Superior o única: T3 y T4 •Inferior: T00 a T2 	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/cm³), los contenidos de betún residual de la tabla 540.7 se deberán corregir multiplicando por el factor: $a = 2,65 / \rho_d$; donde ρ_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 marcado 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 m²) 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 UNE-EN	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T00 a T1	T2 y T3	T41	T42, sellado y arcenes
Desgaste (g/m ²) Pérdida a la abrasión por vía húmeda	12274-5	≤ 350	≤ 450	≤ 550	≤ 650
Cohesión (minutos) Tiempo para alcanzar un 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 ($> 50\text{ }^{\circ}\text{C}$), 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 ($< 1,5\text{ m}$), 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.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS
Total folios: 142 (91 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

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 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					
(**) 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 (± 4 %).
- Tamices entre el 2 mm y el 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2): tres por ciento (± 3 %).
- Tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2): uno por ciento (± 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/m²), 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.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS
Total folios: 142 (99 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

- 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 (≥ 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.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS
Total folios: 142 (101 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

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 (≤ 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 (≤ 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.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS
Total folios: 142 (102 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

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 (m²) 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.

FIRMADO

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS
Total folios: 142 (104 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>

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

FIRMADO por : JUAN PEDRO FERNANDEZ PALOMINO. A fecha: 26/01/2024 03:06 PM
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS
Total folios: 142 (105 de 142) - Código Seguro de Verificación: MFOM02S3BDBF7E37F7DEB01DDB5E. Verificable en <https://sede.mitma.gob.es>