

**ORDEN CIRCULAR OC 2/2023 SOBRE REUTILIZACIÓN DE CAPAS DE FIRMES Y PAVIMENTOS BITUMINOSOS**

Los firmes y pavimentos son, junto con los túneles y estructuras en general, los principales activos de las redes de carreteras tanto desde el punto de vista económico como funcional, por lo que su adecuada gestión requiere tener presente el conjunto de su ciclo de vida tanto en las obras de nueva construcción como en la posterior conservación.

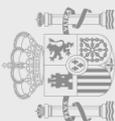
Desde hace años se están perfilando y asentando en el sector mundial de las infraestructuras de carreteras, diversas megatendencias —conectadas a su vez con las de movilidad y transporte y con otras agendas internacionales— entre las que se encuentran la sostenibilidad y el respeto medioambiental.

Tales tendencias de gran alcance se están acelerando debido, entre otros factores, a las consecuencias sociales, económicas y presupuestarias de la pandemia COVID-19 y, en el caso de los países que conforman la Unión Europea, los objetivos económicos y sociales del Fondo de Recuperación *Next Generation EU* que incluyen el fortalecimiento de la resiliencia y apoyar la transición ecológica, a fin de fomentar un crecimiento sostenible.

La adecuada reutilización de los materiales que componen los firmes y pavimentos bituminosos es un internacionalmente contrastado mecanismo para dar cumplimiento de manera eficaz y eficiente, y también relativamente sencilla desde un punto de vista técnico, a los objetivos mencionados pues al aminorar la necesidad de emplear áridos procedentes de canteras o graveras tiene efectos positivos medioambientales, al requerir menor empleo de betunes aminora la dependencia del petróleo lo que mejora la resiliencia del sector en caso de crisis de suministro, y los menores consumos energéticos que conllevan el conjunto de operaciones frente a los de las soluciones tradicionales de fabricación de mezclas bituminosas repercuten positivamente en la sostenibilidad y el respeto medioambiental reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

En paralelo, las técnicas de reutilización han continuado su evolución incorporando nuevos medios técnicos y materiales. Para las reutilizaciones *in situ* con adición de emulsión y/o de cemento se han desarrollado nuevos equipos y sistemas constructivos, así como el empleo de adiciones más sostenibles como son los bioligantes o nuevos cementos. Y los equipos de fresado que se emplean en la recuperación y retirada de los firmes y pavimentos a reutilizar han ido incorporando nuevas tecnologías, tales como los equipos 3D, que permiten fresados más regulares y mejor adaptados a las medidas finales deseadas.

Las actuaciones de carretera que incluyan la fabricación de nuevas mezclas bituminosas han de ser concebidas como un elemento más de la “economía circular” por lo que las diferentes técnicas de reutilización deben ser, indiscutible e indudablemente, las protagonistas de manera que, de ser una





era posibilidad alternativa que estudiar, pasen a ser, definitivamente, la solución habitual hasta tal punto que el no acudir a alguna de estas técnicas deba ser justificado de manera expresa.

Creciente importancia concedida en la normativa a la reutilización de mezclas bituminosas

Con el objeto de poner en contexto la presente Orden Circular es de destacar que la normativa sobre firmes y pavimentos bituminosos ha ido evolucionando durante las pasadas dos décadas al compás del avance de las experiencias y profundización del conocimiento de su comportamiento, y de la colaboración con los países de la Unión Europea en el intercambio de información y desarrollo de normativas comunes. Algo que merece ser observado en dicho proceso normativo es la creciente importancia que paulatinamente se le ha ido concediendo a la reutilización de las mezclas bituminosas y la también creciente exigencia de que sus técnicas sean tenidas en cuenta a la hora de determinar la solución a adoptar para la rehabilitación, o nueva ejecución, de capas de firme bituminoso.

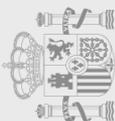
El inicio de esto último fue la OC 5/2001 sobre riegos auxiliares, mezclas bituminosas y pavimentos de hormigón, que introdujo cambios en varios artículos del PG-3, seguida por la creación del PG-4 mediante la OC 8/2001 sobre reciclado de firmes, que fue la primera en la materia. En línea con dicha OC 8/2001, las Órdenes FOM/3459/2003 y FOM/3460/2003 aprobaron las nuevas Norma 6.3 IC “Rehabilitación de Firmes” y Norma 6.1 IC “Secciones de firme”, de la Instrucción de Carreteras.

Es también de destacar la vigente Orden FOM/2523/2014 en la que, entre otros, se introdujeron en el PG-3 cambios, adicionales a su vez a otros anteriores, tendentes a la facilitación e incentivación del uso de materiales reciclados en la fabricación de mezclas bituminosas del artículo 542, así como la clasificación de las mezclas bituminosas de los artículos 542 y 543 en calientes y semicalientes en función de la temperatura de fabricación.

El último paso, hasta ahora, de dicho paulatino proceso había sido la OC 40/2017 sobre reciclado de firmes y pavimentos bituminosos, que anuló en todo su contenido a la OC 8/2001, y mediante la cual se introdujeron actualizaciones y novedades en cuanto al espectro de aplicación de estas técnicas y al empleo de mayores proporciones de materia reciclado con respecto a la masa total de la mezcla, además de recordar que es obvia la obligatoriedad del marcado CE en los materiales básicos incorporados a las mezclas reutilizadas, y de adaptarse a la nuevas nomenclaturas y ensayos de las normas europeas armonizadas.

Objetivos de la presente Orden Circular:

El objetivo general de esta Orden Circular es revisar y actualizar el contenido de la OC 40/2017 a fin de ampliar su campo de aplicación, y hacer imperativo la reutilización de los firmes como solución habitual, para que los proyectos de carretera se encaminen hacia soluciones sostenibles que contribuyan a reducir el impacto ambiental durante las etapas de construcción, uso y final de la vida útil del ciclo de vida de los firmes y pavimentos bituminosos.





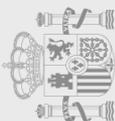
Las carreteras, y concretamente sus firmes envejecidos o afectados por alguna actuación, generan sus propios residuos que, debido a sus buenas cualidades, pueden y deben emplearse de nuevo en la carretera, reutilizando en la práctica los firmes, evitando así tanto la generación de residuos como el consumo innecesario de recursos naturales. A tal fin, los directores de los proyectos y de las obras, así como los responsables de la conservación de los activos han de velar por la incorporación de las técnicas más sostenibles, desde la etapa de diseño hasta el final de la vida útil y tener en cuenta asimismo la reciclabilidad futura. El conjunto de los profesionales del sector ser proactivamente receptivo al conocimiento e implementación de técnicas nuevas e innovadoras.

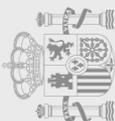
Por todo ello es una prioridad para la Dirección General de Carreteras el potenciar de manera definitiva el empleo de las técnicas de reutilización frente a las soluciones convencionales en la fabricación de mezclas bituminosas, lo que redundará en la mejora del comportamiento ambiental del sector y en la reducción de la huella de carbono y ayudará a fomentar la innovación en el campo de la reutilización de capas de firmes.

Otro objetivo que mediante esta Orden Circular se aborda es la progresiva incorporación de especificaciones basadas en las prestaciones de manera que se establecen también límites al comportamiento de los materiales mediante su módulo dinámico (E^*) y su deformación a fatiga al millón de ciclos (ϵ_6) complementando así a las habituales especificaciones prescriptivas. Tal cambio representa un avance en el proceso al contemplar a las mezclas bituminosas como un material evolutivo a lo largo de su vida en servicio.

Mención explícita de las principales actualizaciones y novedades establecidas mediante esta Orden Circular, con respecto a la anterior

- Actualización de los “Criterios de aplicación de las técnicas de reutilización” —basados en los criterios establecidos en el epígrafe 7.4 de la Orden FOM/3459/2003— de manera que ahora, en el caso de la reutilización en caliente o semicaliente en central (artículo 22), se extiende a las categorías T00 a T2 el poder disponer directamente la capa de rodadura, sin necesidad preceptiva de capa previa alguna.
- Actualización de la Tabla 2 “Coeficiente de equivalencia estructural entre la mezcla bituminosa en caliente o semicaliente y los diferentes tipos de material” de la OC 40/2017 — la cual estaba basada en la Tabla 11 “Materiales para la rehabilitación estructural de firmes” del Anejo 2 de la Orden FOM/3459/2003, de 28 de noviembre por la que se aprueba la Norma 6.3 IC de Rehabilitación de firmes— de manera que ahora se le añaden especificaciones relativas a los módulos dinámicos y a la deformación unitaria, al millón de ciclos, de las mezclas bituminosas en caliente o semicaliente con cualquier tasa de reutilización.
- Además, se añade a dicha Tabla 2 el caso de la fabricación de las MAM con hasta el 30 % de RA —por ahora se mantienen tal limitación del 30 % ya contemplada en la OC 40/2017—. Las prescripciones relativas al valor de su módulo dinámico y al de la deformación para un millón (10^6) de ciclos están en línea con lo dispuesto en el epígrafe 542.5.1.5 del PG-3 si bien se





establece ahora específicamente un valor máximo para el módulo.

- Lo anterior significa que ahora se ha introducido, para las mezclas bituminosas reutilizadas en caliente y semicaliente en central, la prescripción de dos ensayos, ampliamente conocidos, como son la determinación del módulo dinámico de las mezclas, según Norma UNE-EN 12697-26, y el ensayo de fatiga, según la Norma UNE-EN 12697-24.
- De esta manera, el módulo dinámico y la resistencia a la fatiga podrán ser empleados como especificaciones fundamentales en el diseño de las mezclas bituminosas reutilizadas en caliente y semicaliente en central y además se facilita el ir avanzando en la adecuada comparación entre sí, en cuanto al comportamiento frente a la fisuración y las acciones termo-mecánicas externas, de las mezclas reutilizadas y las mezclas convencionales.
- Es de destacar que, mediante estas especificaciones relativas a las mezclas bituminosas reutilizadas en caliente o semicaliente, se puede llegar a incorporar cualquier tipo de tasa de reutilización, y en cualquier categoría de tráfico, siempre que se cumplan las prescripciones habituales para las mezclas convencionales del art. 542 del PG-3.
- Por la disponibilidad de materiales que reutilizar existentes, y en aras de una mayor y mejor valorización, se amplía el espectro de aplicación de estas técnicas a obras de acondicionamiento de trazado, de ensanche y mejora de plataforma o de ampliación de carriles.
- Por cuestiones de economía y de sostenibilidad, se incentiva un mayor aprovechamiento de los materiales reutilizados de capas bituminosas, posibilitando el empleo de mayores proporciones de materiales reutilizados con respecto a la masa total de la mezcla, que las contempladas hasta ahora en la reglamentación normativa vigente.
- Se mejoran significativamente, y en su caso se concretan, los coeficientes de equivalencia de los materiales realizados con mezclas reutilizadas con respecto a las mezclas convencionales, de acuerdo con la experiencia y conocimientos adquiridos en estos años, así como al estado actual de las técnicas de reutilización.
- Dentro del marco de prescripciones de los betunes, se propicia la aplicación de diferentes innovaciones tecnológicas que permiten la disminución de las temperaturas de fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas.
- Empleo de equipos con dosificación en forma de lechada y con dosificador-distribuidor volumétrico con control programable en las reutilizaciones de capas de firme *in situ* con cemento, para obtener un material de mayor calidad, debido al mayor control del proceso y a la fiabilidad de dosificación, y con menores riesgos ambientales y de seguridad y salud.
- La entrada en vigor del mercado CE para un gran número de productos de construcción, que son reglamentados a través del articulado del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales y



del Reglamento de Productos de Construcción, motiva que en los tres artículos del PG4 objeto de la presente Orden Circular sea obvia la obligatoriedad del marcado CE en los materiales básicos que se incorporen a las mezclas reutilizadas —razón por la que se hace referencia continua en ellos a los artículos 200, 202, 211, 212 y 214 del PG-3— y, en el caso particular del artículo 22 de esta Orden, a sus productos resultantes, al ser una unidad de obra cuyo material final obtenido puede ser semejante al especificado en el artículo 542 del PG-3.

- La adaptación a las nuevas nomenclaturas y ensayos de las normas europeas armonizadas (UNE-EN).

Los artículos 29, 40 y 51 y la Disposición final única del Reglamento General de Carreteras, aprobado por el Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, 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 al Ministro de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a propuesta de la Dirección General de Carreteras, para aprobar las normas e instrucciones a las que deban atenerse los estudios, proyectos y obras de construcción y de conservación de la red de carreteras del Estado.

No obstante, resulta inexcusable el cumplimiento del procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y de reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, previsto en la Directiva 98/34/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, modificada por la Directiva 98/48/CE, de 20 de julio de 1998, así como en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, que incorpora estas directivas al ordenamiento jurídico español y, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 24.1.c) de la Ley 50/1997, de 27 de noviembre, del Gobierno, al trámite de audiencia que en ella se establece, proceso que consumirá algún tiempo.

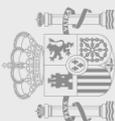
Por todo lo indicado, y a fin de contar con prescripciones técnicas actualizadas para el proyecto y la ejecución de la reutilización de firmes y pavimentos bituminosos, cuyo contenido ha sido suficientemente difundido y contrastado, para las actuaciones en la red de carreteras del Estado, la Dirección General de Carreteras ha dispuesto lo siguiente:

Primero: Serán de aplicación en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares para obras de carreteras de los tipos especificados en el punto 5 de estas disposiciones, los artículos:

- Artículo 20. Reutilización *in situ* con emulsión de capas bituminosas.
- Artículo 21. Reutilización *in situ* con cemento de capas de firme.
- Artículo 22. Reutilización en caliente y semicaliente en central de capas bituminosas.

que se recogen como anexo a esta Orden Circular.

Segundo: Por consideraciones ambientales y de valorización de los materiales envejecidos por el uso en los firmes y pavimentos, en el análisis de soluciones en actuaciones de rehabilitación de un firme o de acondicionamiento de trazado, ensanche y mejora de plataforma, y ampliación de carriles, para cualquier categoría de tráfico pesado, será preceptivo tener en cuenta y priorizar las técnicas de reutilización incluidas como anejo



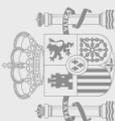


a esta Orden Circular, con las limitaciones y prescripciones indicadas en los puntos 3 y 4, siempre que la opción elegida sea ajustada desde el punto de vista técnico y económico, debiéndose tener en cuenta la afección al tráfico por las obras y, muy especialmente, los aspectos relacionados con la seguridad de la circulación viaria.

Tercero: Los criterios de aplicación de las técnicas de reutilización de firmes serán los siguientes:

- La reutilización en central en caliente de mezclas bituminosas podrá ser empleada en cualquier categoría de tráfico pesado y en cualquier capa bituminosa del firme.
- La reutilización en central en semi caliente de mezclas bituminosas podrá ser empleada en las categorías de tráfico pesado T1 a T4, y en cualquier capa del firme.
- Las mezclas bituminosas reutilizadas en central cumplirán lo indicado en el artículo 22 de esta Orden Circular y se emplearán de acuerdo con los criterios de tipo y espesor establecidos en la O.C. 1/2023.
- La reutilización *in situ* con emulsión de capas de firme podrá ser empleada en las categorías de tráfico pesado T1 a T4, en capas intermedias, de base y subbase. Cuando se proyecte una reutilización *in situ* con emulsión, de acuerdo con los criterios de la norma 6.3-IC Rehabilitación de firmes, sobre ella se proyectarán capas de mezcla en caliente o semicaliente, reutilizadas o no, en un espesor mínimo de:
 - o Ocho centímetros (8 cm) en la categoría de tráfico pesado T1 para lo que se dispondrán dos capas de manera que la capa de rodadura tenga un espesor de dos o tres centímetros (2-3 cm) y la capa intermedia un espesor de cinco o seis centímetros (5-6 cm).
 - o Cinco centímetros (5 cm) en las categorías de tráfico pesado T2 y T3. Si fuera preceptivo el empleo de mezclas del artículo 543, 544 o 545 en la capa de rodadura, entre ésta y la mezcla reutilizada *in situ* con emulsión se dispondrá una capa intermedia con espesor de cinco centímetros (5 cm).
 - o Para la categoría de tráfico pesado T4, sobre la mezcla reutilizada *in situ* con emulsión se dispondrá una capa de rodadura que podrá consistir en una mezcla bituminosa con un espesor mínimo de tres centímetros (3 cm) o, alternativamente, en dos capas de microaglomerado en frío (artículo 540 del PG-3).
- La reutilización *in situ* con cemento de capas de firme podrá ser empleada en las categorías de tráfico pesado T1 a T4, en capas de base y subbase. Cuando se proyecte una reutilización *in situ* con cemento, el firme se diseñará siguiendo los criterios de la norma 6.1-IC Secciones de firme, asumiendo que la reutilización *in situ* con cemento es equivalente un suelocemento (artículo 513 del PG-3).
- En los arcenes podrán emplearse todas las técnicas de reutilización indicadas en esta Orden Circular. En todos los casos se estará a lo dispuesto para ellos en el apartado 12.7 de la Norma 6.3 IC Rehabilitación de firmes y, en el caso de las reutilizaciones *in situ* con cemento, además a lo indicado en el capítulo 7 de la Norma 6.1 IC Secciones de firme.

Cuarto: El dimensionamiento de las secciones de firme con materiales reutilizados se realizará mediante un estudio específico que incluya la identificación más completa posible del



material a reutilizar, determinando el módulo elástico y la ley de fatiga del producto resultante. En su defecto, se adoptarán como simplificación los coeficientes de equivalencia recogidos en la tabla 1, y se efectuará la evaluación de los espesores necesarios de acuerdo con la Norma 6.3 IC Rehabilitación de firmes, según se trate de soluciones de eliminación parcial y reposición del firme o de recrecimiento del firme existente. En el caso de capas o materiales reutilizados con cemento, teniendo en cuenta su equivalencia estructural con el suelocemento, la determinación de los espesores necesarios se efectuará de acuerdo con la Norma 6.1 IC Secciones de firme.

Los coeficientes de equivalencia aquí recogidos son conformes con la experiencia y conocimientos adquiridos en estos años, así como al estado actual de las técnicas de reutilización.

TABLA 1 - COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA ESTRUCTURAL ENTRE UNA MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE O SEMICALIENTE Y LOS DIFERENTES TIPOS DE MATERIAL REUTILIZACIÓN

TIPO DE MATERIAL	COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA	LEY DE FATIGA
Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente (artículo 542 del PG-3)	1	$\epsilon_f = 6,925 \cdot 10^{-3} N^{-0,27243}$
Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente (artículo 542 del PG-3) de alto módulo	1,25	$\epsilon_f = 6,617 \cdot 10^{-3} N^{-0,27243}$
Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente (artículos 543, 544 y 545 del PG-3)	1	
Mezclas reutilizadas en caliente o semicaliente en central (artículo 22)	1 ⁽¹⁾	Ley específica
Mezclas reutilizadas en caliente o semicaliente en central (artículo 22) de alto módulo	1,25 ⁽¹⁾	Ley específica
Reutilización <i>in situ</i> con emulsión de capas de firme (artículo 20)	0,75 ⁽²⁾	Ley específica
Reutilización <i>in situ</i> con cemento de capas de firme (artículo 21)	Material semejante al suelocemento	

- (1) Con las restricciones establecidas en el artículo 22 respecto a los contenidos de asfalto recuperado, módulo de rigidez y comportamiento a fatiga. En particular, el coeficiente de equivalencia para las reutilizaciones de tipo 3 con más del 50 % de RA, será establecido por la Dirección General de Carreteras a la vista de los estudios realizados para cada caso concreto.
- (2) Si el mezclado se efectúa en una central de fabricación de mezclas de las especificadas en los artículos 542 del PG-3 o 22 de esta Orden Circular, podrá adoptarse el coeficiente de 0,80.



Quinto: Esta Orden Circular anula en todo su contenido a la Orden Circular 40/2017 de Reciclado de Firmes.

Sexto: 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 referidos 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 Anejo 1 del Anexo a esta Orden, salvo en el caso de normas UNE-EN que sean transposición de normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, en el marco de aplicación del Reglamento (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 que incluya dicha referencia.

Séptimo: La relación de las versiones correspondientes a las normas referenciadas aplicables en cada caso se actualizará periódicamente, para acomodar su contenido al progreso de la técnica o a la normativa comunitaria.

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

- Proyectos cuya Orden de Estudio se autorice con posterioridad a la fecha de entrada en vigor de esta Orden Circular.
- Proyectos cuya aprobación precise información pública y ésta aún no haya sido realizada.
- En el resto de proyectos en redacción, así como en el caso de obras en fase de licitación o adjudicadas, se elevará consulta a las Subdirecciones Generales de esta Dirección General que corresponda, acerca de la conveniencia de proceder a modificar el proyecto o el contrato para adecuarlo a lo previsto en esta Orden Circular.

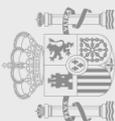
Noveno: Esta Orden Circular entrará en vigor al día siguiente al de su firma.

Madrid, abril de 2023

El Director General de Carreteras

(fecha y firma digital al margen)

Juan Pedro Fernández Palomino



ANEXO DE LA ORDEN CIRCULAR 2/2023

ÍNDICE

ARTÍCULO 20. REUTILIZACIÓN IN SITU CON EMULSIÓN DE CAPAS BITUMINOSAS.

ARTÍCULO 21. REUTILIZACIÓN IN SITU CON CEMENTO DE CAPAS DE FIRME.

ARTÍCULO 22. REUTILIZACIÓN EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN CENTRAL DE CAPAS BITUMINOSAS.

REUTILIZACIÓN *IN SITU* CON EMULSIÓN DE CAPAS DE FIRMES

20.1 DEFINICIÓN

Se define como reutilización *in situ* con emulsión de capas de firmes a la mezcla homogénea, convenientemente extendida y compactada, del material resultante del fresado de una o más capas de un firme existente, una emulsión bituminosa, agua y, eventualmente, aditivos.

Todo el proceso de ejecución de esta unidad de obra se realiza a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar.

Aunque no es objeto de aplicación de este artículo, si el material procedente de la demolición o fresado de firmes se lleva a una instalación para su tratamiento y mezclado con emulsión, el material resultante podrá considerarse, a efectos de capacidad estructural, semejante a una gravaemulsión de las indicadas en la Norma 6.3 IC Rehabilitación de firmes.

Asimismo, aunque tampoco es objeto de aplicación directa de este artículo, todas las técnicas aquí recogidas podrían ser válidas para la reutilización *in situ* de capas de firmes con un betún asfáltico espumado en sustitución de la emulsión.

Los tipos de reutilización *in situ* con emulsión a emplear son los incluidos en la tabla 20.1.:

TABLA 20.1 – TIPOS DE REUTILIZACIÓN *IN SITU* CON EMULSIÓN

	TIPO I	TIPO II	TIPO III
Material reutilizado del firme existente	Capa bituminosa (espesor ≤ 5 cm) + material granular	Capa(s) bituminosa(s) (espesor de 5 a 10 cm) + base no bituminosa	Mezclas bituminosas
Proporción de material bituminoso (%)	≤ 60	60-100	100
Espesor reutilizado (cm)	8-15	8-15	6-12(*)

(*) Excepcionalmente se podrá llegar a los 15 cm de espesor siempre que en el tramo de prueba se compruebe que se pueden obtener los valores de densidad y resistencia mecánica con el equipo de compactación aprobado

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Estudio previo de los materiales.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo para cada tramo de características homogéneas.

- Fresado de la parte del pavimento a reutilizar.
- Incorporación de la emulsión, agua y aditivos.
- Mezclado y extensión.
- Compactación del material resultante.
- Curado y, en su caso, ejecución de un riego de protección.

20.2 MATERIALES

20.2.1 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 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 de suelos contaminados.

20.2.2 Emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa a emplear, salvo justificación en contrario, será del tipo C60B5 REC y cumplirá las prescripciones señaladas en el artículo 214 del PG-3.

En el caso de que se justifique utilizar otro tipo de emulsiones, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá establecer el tipo y características, que deberán ser conformes al Anejo nacional de la norma armonizada UNE-EN 13808-2M.

El tipo y características del betún empleado en la fabricación de la emulsión es fundamental para alcanzar las características mecánicas exigidas al material reutilizado, pero también para alcanzar una adecuada capacidad cohesiva durante los primeros días de la apertura al tráfico. El contratista deberá garantizar, en todo momento, el ajuste de las propiedades físico-químicas de la emulsión, en particular su velocidad de rotura, para ajustarlas a las características del material a reutilizar y su posible evolución a lo largo del desarrollo de la obra.

Se podrá considerar la adición de aditivos rejuvenecedores en la fase betún de la emulsión para las reutilizaciones de tipo II y III. En este caso, será necesario un estudio previo en términos de composición y propiedades fisicoquímicas del ligante residual del fresado y el análisis posterior de la combinación del ligante envejecido con el ligante residual de la emulsión.

En relación con la selección de las clases prestacionales del ligante residual de la emulsión bituminosa obtenido por destilación (UNE-EN 1431), se ajustarán en función del tipo de reutilización y la zona térmica estival (ZTE). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su caso, el Director de las Obras establecerá los límites de:

- Penetración (según UNE-EN 1426) entre las Clases 4, 5 o 6.
- Punto de Reblandecimiento (según UNE-EN 1427), entre las Clases 7 y 8.

que deberá cumplir la emulsión a la vista de los resultados mecánicos, la trabajabilidad y la compactación obtenida en el tramo de prueba.

20.2.3 Material existente a reutilizar

20.2.3.1 Características generales

En las reutilizaciones de tipo III, el material a reutilizar estará constituido por un conjunto de partículas pétreas, recubiertas por ligante hidrocarbonado envejecido, resultantes de la adecuada disgregación mediante fresado del pavimento existente en la profundidad establecida. En las reutilizaciones de tipo I y II, el material a reutilizar será una combinación de material pétreo recubierto por ligante hidrocarbonado y material pétreo sin recubrir.

El Director de las Obras, según sean las características y el estado de las capas del pavimento, determinará si existen zonas en las que no deba reutilizarse el material existente, en cuyo caso se tratarán según la legislación ambiental vigente, y se sustituirá por un material aprobado por el Director de las Obras, quien podrá autorizar el empleo de asfalto recuperado de otra procedencia o zahorra artificial.

Cuando el material a reutilizar proceda parcialmente de capas granulares se comprobará que dicho material granular se corresponde con una zahorra artificial de las definidas en el artículo 510 del PG-3, que no presenta plasticidad y su equivalente de arena, Anejo A de la norma UNE-EN 933-8, es superior a treinta y cinco ($SE_4 > 35$). Únicamente para arcenes en tráfico T3 y T4 se podrá admitir material granular con peor calidad de finos, siempre que el índice de plasticidad, normas UNE-EN 103103 y 103104, sea inferior a diez (< 10) y el límite líquido, norma UNE-EN 103103, sea inferior a treinta (< 30).

No podrán ser reutilizados con las técnicas especificadas en este artículo aquellos materiales que procedan de pavimentos con deformaciones plásticas, o que contengan o se encuentren contaminados por sustancias potencialmente peligrosas. Tampoco lo podrán ser aquellos materiales bituminosos que presenten en su composición derivados del alquitrán de hulla, asbesto-amianto, ni ningún otro que esté clasificado como peligroso, por no cumplir la legislación ambiental y de seguridad y salud vigente.

20.2.3.2 Granulometría

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el huso en que debe encontrarse la curva granulométrica de las partículas del material a reutilizar, que será uno de los indicados en la tabla 20.2. El análisis granulométrico se hará conforme a la norma UNE-EN 933-1.

TABLA 20.2 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

TIPO DE REUTILIZACIÓN	ABERTURA DE LOS TAMICES (norma UNE-EN 933-2) (mm)							
	45	32	22	16	8	2	0,5	0,063
RFE I 32	100	78-100		55-85	40-70	15-40	5-23	0-9
RFE I 22	100	100	80-100		45-73	19-42	7-25	0-9
RFE II 32	100	78-100		55-85	40-70	15-40	5-23	0-7
RFE II 22	100	100	80-100		45-73	19-42	7-25	0-7
RFE III 32	100	78-100		55-85	40-70	15-40	2-20	0-3
RFE III 22	100	100	80-100		45-73	19-42	2-20	0-3

Salvo justificación en contrario, los husos con tamaño máximo nominal de treinta y dos milímetros (32 mm) se utilizarán exclusivamente para aplicaciones con espesores superiores a diez centímetros (> 10 cm)

20.2.4 Agua

El agua deberá cumplir las prescripciones establecidas para el agua de amasado y curado del hormigón.

20.2.5 Aditivos

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

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, establecerá la proporción adecuada de aditivos que se vayan a emplear y el método empleado para su incorporación, así como las especificaciones que deban cumplir, tanto dichos aditivos como la mezcla resultante.

Cuando los aditivos estén específicamente diseñados para esta aplicación, sus características y especialmente su comportamiento y efectos sobre la mezcla al emplearlos en las proporciones previstas, habrán de ser validados previamente por el fabricante.

Además de estos aditivos específicos, se podrán emplear adiciones de conglomerantes hidráulicos, según se indica en el apartado 20.3, 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 del PG-3 respectivamente.

20.2.6 Árido de aportación

En el caso en que sea necesario para el ajuste de la granulometría, se podrá emplear un árido de aportación. Las especificaciones de este árido se describirán siguiendo la terminología de la norma UNE-EN 13043 de áridos empleados para mezclas bituminosas empleadas en carreteras y otras zonas pavimentadas.

Las características mecánicas del árido de aportación cumplirán lo indicado en el artículo 542 del PG-3 para las mismas condiciones de tráfico y tipo de capa que la reutilización en frío *in situ* con emulsión, independientemente del tipo de reutilización de que se trate.

20.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

La designación del tipo de reutilización *in situ* con emulsión de capas de firmes seguirá el esquema siguiente:

RFE	Tipo	D	Ligante
-----	------	---	---------

donde:

RFE Indicación de que se trata de una reutilización en frío *in situ* con emulsión

Tipo Se señalará si el RFE es de tipo I, II o III según la tabla 20.1

D Tamaño máximo nominal (22 ó 32 mm)

Ligante Tipo de emulsión empleada

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo y composición de la mezcla reutilizada cuya granulometría, contenido de ligante, resistencia a compresión estática antes y después de la inmersión en agua, y resistencia conservada deberán cumplir lo indicado en este apartado.

La dotación de ligante hidrocarbonado residual a aportar en la reutilización, sobre el total de material a reutilizar en seco, incluidas las eventuales adiciones, no será en ningún caso inferior a lo establecido en la tabla 20.3.

Tabla 20.3 - DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE HIDROCARBONADO RESIDUAL APORTADO

Tipo de reutilización	Categoría del Tráfico Pesado	Dotación mínima de ligante hidrocarbonado residual (%)
RFE III	T1-T4	2,1
RFE II	T3-T4	2,5
RFE I	T4	3,6

En reutilizaciones tipo I, el contenido óptimo de fluidos para la compactación y la densidad de referencia se determinarán por medio del ensayo de Proctor modificado (norma UNE 103501). En ningún caso, la suma del contenido de agua (humedad propia del material, agua de preenvuelta y agua que aporta la emulsión) y ligante podrá superar en más del cinco por mil (0,5%) el contenido óptimo de fluidos determinado con el ensayo de Proctor modificado.

En reutilizaciones tipo II y III, la proporción mínima de agua para la envuelta se determinará visualmente, de forma que sea posible obtener una buena dispersión de la emulsión.

Para la validación de la fórmula de trabajo, se fabricarán, acondicionarán y ensayarán probetas de acuerdo a lo indicado en la norma UNE 41215 “Determinación de la sensibilidad al agua de mezclas bituminosas recicladas en frío con emulsión bituminosa”. Se determinarán las resistencias en seco, en húmedo y conservadas a 25 ± 1 °C, con una velocidad de rotura a compresión de 50 ± 2 mm/min.

La resistencia en húmedo de las probetas, así como la resistencia conservada deberán cumplir con los valores mínimos indicados en la tabla 20.4.

TABLA 20.4 - VALORES MINIMOS DE RESISTENCIA EN EL ENSAYO DE COMPRESION ESTATICA Y RESISTENCIA CONSERVADA (UNE EN 41215)

TIPO DE REUTILIZACIÓN	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	Resistencia Húmeda Cw (kPa)*	Resistencia conservada i/C (%) *
RFE III	T2 y superior	2,0	75
	T3 y T4	1,5	70
RFE II	T3 y T4	1,0	60
RFE I	T3 y T4	0,75	50

(*) Sobre un número de probetas no inferior a cuatro (≥ 4) para cada tipo de resistencia.

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

20.4. EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

20.4.1 Consideraciones generales

No se podrá utilizar en la ejecución de la reutilización *in situ* con emulsión de firme ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por el Director de las Obras.

Se dará cumplimiento, 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.

20.4.2 Equipo de ejecución

La ejecución se llevará a cabo con equipos mecánicos que integren en una sola unidad, al menos, las operaciones de fresado, dosificación y distribución de la emulsión y del agua y, en su caso, del polvo mineral de aportación u otros aditivos, mezclado y extensión. Siempre que sea posible por la anchura de la sección y no existan riesgos para la circulación de vehículos, se deberá emplear un tren de reutilización capaz de abordar todo el ancho del carril en una sola pasada mediante el uso, si fuera preciso, de dos recicladoras en paralelo para una correcta distribución del material resultante del fresado, una compactación eficaz de toda la plataforma y evitar la formación de junta longitudinal.

El suministro de la emulsión, agua y demás componentes se realizará desde cubas o depósitos móviles, de modo que no se produzcan paradas del equipo, ni afecten a la seguridad viaria en carreteras en servicio.

En todo caso, se dispondrán los medios y la mano de obra necesarios para que las zonas entre franjas de reutilización cumplan todas las condiciones de dosificación, compactación y regularidad superficial especificadas en este artículo. Se garantizará que el sistema de aplicación y nivelación sea el adecuado, evitando que los ejes de la maquinaria circulen sobre el material extendido, antes de su compactación siempre que la anchura de la carretera lo permita.

20.4.2.1 Fresado

El equipo estará dotado de un rotor de fresado de eje horizontal capaz de disgregar el pavimento existente en la profundidad y la anchura especificadas produciendo, en una sola pasada y a una velocidad constante adecuada, un material suelto y homogéneo con la granulometría requerida. Dispondrá, además, de un dispositivo de control automático que asegure el espesor especificado y prefijado, y de un sistema que evite el levantamiento en bloques del material existente.

20.4.2.2 Dosificación

El equipo de dosificación de la emulsión, agua y aditivos se compondrá de depósitos, bombas de caudal variable y difusores adecuadamente dispuestos, con control automático programable, que permitirán realizar la dosificación de la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y anchura del material fresado y la velocidad de avance del equipo, con las tolerancias fijadas en la tabla 20.6 de este artículo.

20.4.2.3 Mezclado y extensión

El mezclado, efectuado aprovechando la energía del rotor de fresado, deberá garantizar una mezcla homogénea y uniforme en toda la anchura y profundidad de la reutilización.

La extensión se podrá realizar tanto con una extendidora automotriz independiente, similar a las empleadas para la extensión de mezclas bituminosas, como con un equipo que integre en una única máquina el fresado, el mezclado y la extensión del material reutilizado.

En este último caso, el equipo integrado deberá disponer de una maestra de extendido, que mejore el acabado, proporcione una precompactación homogénea y permita obtener el perfil deseado. Únicamente para los tráficos más ligeros, T4, se admitirá un sistema de extendido en el que la cámara de mezclado disponga de una compuerta posterior, en el sentido de avance del equipo, que regule la altura de salida del material y el tiempo que éste permanece en ella y que sirva de elemento enrasador. En este caso, será preceptivo el perfilado y acabado de la extensión mediante el empleo de una motoniveladora.

20.4.2.4 Compactación

Se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos (estáticos o vibrantes) y de neumáticos. La composición mínima del equipo será de un compactador vibratorio de rodillo metálico y un compactador de neumáticos y será aprobada por la dirección de obra en función de los resultados del tramo de prueba.

Para espesores de reutilización superiores a diez centímetros (>10 cm), se utilizarán compactadores de la máxima carga disponible, si así lo considera necesario el Director de las Obras.

20.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

20.5.1 Estudio previo de los materiales

20.5.1.1 Estudio previo de la emulsión

Se comprobará la adhesividad del ligante residual de aportación con el material fresado fabricándose las probetas de acuerdo con el procedimiento indicado en el apartado 20.3. El resultado obtenido deberá cumplir los valores mínimos especificados en la tabla 20.4.

20.5.1.2. Estudio del material existente a reutilizar y comprobación de la tramificación

Previamente a la formulación de la mezcla se realizará una inspección de la superficie a reutilizar comprobando los datos del reconocimiento de proyecto y la tramificación propuesta. Se tomarán muestras representativas (testigos) de los materiales existentes en los diferentes tramos comprobando el espesor, la densidad (norma UNE-EN 12697-6) y tipo de material de las diferentes capas. Como mínimo se realizarán dos (2) testigos y una (1) calicata por kilómetro (km) o tramo diferenciado si su longitud fuera menor.

Los tramos que, a juicio del Director de las Obras, presenten deficiencias superficiales (ondulaciones superficiales, excesos de ligante, deformaciones plásticas) o estructurales

significativas, o contengan sustancias potencialmente peligrosas, deberán demolerse y tratar el material resultante según la legislación ambiental vigente.

En cada tramo homogéneo se tomarán muestras de material fresado en el espesor previsto en el Proyecto, empleando una fresadora de iguales o similares características o que produzca un fresado adecuado y semejante al de la máquina que se vaya a emplear en la ejecución de la obra. En el caso de las reutilizaciones de tipo I y II, además del fresado de la mezcla bituminosa a reutilizar se tomarán muestras del material granular en el espesor previsto para la reutilización

Sobre las muestras de cada tipo de material fresado en cada tramo homogéneo se comprobará la homogeneidad del material recuperado y se determinará:

- Análisis granulométrico (norma UNE-EN 933-1).
- Contenido de ligante residual (normas UNE-EN 12697-1 ó UNE-EN 12697-39).
- Penetración (norma UNE-EN 1426) y punto de reblandecimiento (norma UNE-EN 1427) del ligante recuperado (UNE-EN 12697-3).
- En las reutilizaciones del tipo I y II, equivalente de arena del material granular, según el Anejo A de la norma UNE-EN 933-8, y, en su caso, límite líquido e índice de plasticidad, según las normas UNE-EN 103103 y 103104.

Los resultados del reconocimiento y de los ensayos deberán servir para verificar que los tramos en que se ha dividido la obra sean suficientemente homogéneos de acuerdo con los criterios que se recogen en la Tabla 20.5.

TABLA 20.5 – VARIACIONES MÁXIMAS ADMISIBLES EN TRAMOS HOMOGÉNEOS

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	VARIACIÓN MÁXIMA
Proporción de material bituminoso sobre el total de material a reutilizar		%	± 10
Material bituminoso a reutilizar	Tamaño máximo		0
	Proporción de ligante hidrocarbonado	%	± 0,5
Material granular a reutilizar	Tamaño máximo		0
	Pasa 4 mm	%	± 6
	Índice de plasticidad		± 3

20.5.1.3 Valores de referencia de las características

Una vez comprobado que el material a reutilizar cumple todas las condiciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, el Director de las Obras lo aprobará y fijará las características de referencia en cada tramo homogéneo.

Se tomarán como características de referencia, para cada tipo de material, la media de todos los resultados de cada tipo de ensayo prescrito. Los valores así obtenidos deberán diferir de los valores límite establecidos un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la heterogeneidad propia del material y la dispersión que introduce la ejecución en obra y su control, los valores obtenidos en el control de calidad de la ejecución de las obras cumplan los límites de tolerancia establecidos.

20.5.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La ejecución de la reutilización in situ con emulsión no se podrá iniciar hasta que el Director de las Obras haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en obra, la cual señalará, como mínimo:

- El espesor de la reutilización in situ. La elección del espesor se hará de manera que se reutilicen capas completas de materiales bituminosos del firme existente, permitiéndose penetrar entre 1 y 2 cm en la capa inferior si también fuera bituminosa. Si esto no fuera posible, se evitará que queden sin tratar espesores de mezcla bituminosa inferiores a tres centímetros (< 3 cm), especialmente si no están adecuadamente adheridos a la capa inferior.
- El tamaño máximo nominal de las partículas del material fresado y la granulometría de las partículas minerales por los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico en la tabla 20.2.
- La proporción en masa respecto a la total del material a reutilizar en seco de:
 - o ligante residual de aportación, indicando el tipo de emulsión utilizada.
 - o agua de aportación.
 - o aditivos, con indicación de su tipo y características.
- La densidad de la mezcla (norma UNE-EN 12697-6) y la humedad óptima de compactación, obtenida sobre probetas fabricadas según lo indicado en el apartado 20.3.

La proporción necesaria de ligante residual aportado y la humedad de compactación y la densidad a alcanzar en la mezcla reutilizada se determinarán mediante el ensayo de resistencia a compresión estática y resistencia conservada (normas UNE EN 12697-56 y UNE EN 12697-12), de acuerdo con los valores mínimos especificados en la tabla 20.4, fabricándose las probetas de acuerdo con lo indicado en el apartado 20.3.

Se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo, de acuerdo con lo indicado en este apartado, cada vez que varíen las características del material a reutilizar o de alguno de los componentes de la mezcla, o las condiciones ambientales.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla 20.6, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos.

TABLA 20.6 - TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

CARACTERÍSTICA		NORMA	UNIDAD	TOLERANCIA	
				Tipo I	Tipo III
Granulometría cernido tamices (mm)	> 2	UNE-EN 933-2	% sobre masa total material a reutilizar en seco	± 7	± 6
	> 0,063 y ≤ 2			± 6	± 3
	0,063			± 2	± 1,5
Ligante residual aportado		UNE-EN 12697-1		± 0,3	± 0,3
Humedad de compactación (agua total)		UNE EN 1097-5		± 1,0	-1/+0,5

20.5.3 Fresado de las capas de firme a reutilizar

El fresado se realizará con el equipo y el método aprobados por el Director de las Obras después de la ejecución del tramo de prueba, de acuerdo con lo establecido en el apartado 20.4.

La velocidad de avance del equipo será constante en cada tramo homogéneo, a fin de asegurar una profundidad uniforme de fresado y la homogeneidad del material obtenido. Se evitarán en lo posible las paradas y cuando sean inevitables, se cortarán de forma inmediata las entradas de emulsión y de agua para evitar sobredosificaciones o encharcamientos. Deberá comprobarse, con la frecuencia que el Director de las Obras considere necesario, que la granulometría del material fresado corresponde a la obtenida en el tramo de prueba y, por tanto, a la utilizada para la elaboración de la fórmula de trabajo.

Donde resultase imposible el empleo de máquinas fresadoras, el material se demolerá con otros medios mecánicos y los productos así obtenidos se tratarán según la legislación ambiental vigente, pudiéndose utilizar en los términos previstos para ellos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Estas zonas se rellenarán con materiales que, en cualquier circunstancia, deberán cumplir las prescripciones establecidas para el conjunto de la unidad de obra.

20.5.4 Distribución de emulsión, agua y aditivos

La emulsión, el agua y, en su caso, los aditivos se distribuirán uniformemente mediante equipos mecánicos con la dosificación fijada en la fórmula de trabajo, garantizando su mezcla homogénea en todo el ancho efectivo de trabajo.

Antes de iniciarse los trabajos, y fuera del lugar de empleo, se purgarán y pondrán a punto las bombas y los difusores del ligante y del agua, para garantizar las dotaciones establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua y uniforme. En cada parada del equipo se realizará la limpieza de los difusores y siempre como mínimo dos (2) veces al día.

Las operaciones para abastecer de emulsión y agua al equipo se realizarán sin afectar al tráfico que circule por los carriles que se mantengan en servicio.

20.5.5 Ejecución de la mezcla y extensión

El equipo de reutilización deberá contar con los dispositivos necesarios para asegurar una mezcla homogénea en toda la anchura y profundidad del tratamiento. Si se detectaran segregaciones, partículas sin mezclar, diferencias de contenido de ligante o de agua en partes del pavimento reutilizado, y siempre que se observe que no se cumplen las tolerancias admisibles citadas en la tabla 20.6 deberá detenerse el proceso y realizar las oportunas correcciones hasta solucionar favorablemente las deficiencias, a juicio del Director de las Obras.

Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar la ejecución de la reutilización en zonas en las que la superficie del pavimento presente encharcamientos, deteniendo el proceso cuando se observe tal circunstancia.

Cuando la anchura de la superficie a reutilizar sea superior a la del equipo de trabajo, la reutilización se realizará por franjas paralelas que se solaparán en una anchura mínima de quince centímetros (15 cm) para no dejar materiales sin mezclar en sus bordes, debiéndose adoptar las precauciones necesarias para evitar que se produzcan sobredosificaciones de emulsión o de agua en estas zonas de solape.

La anchura de las franjas longitudinales de extensión será la mayor posible con la maquinaria disponible, y se fijará de manera que se realice el menor número de solapes posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento y seguridad de la circulación viaria y las características del equipo empleado.

La ejecución por franjas se deberá planificar adecuadamente para permitir el paso alternativo del tráfico, si fuera necesario, dando la máxima relevancia a las condiciones de seguridad de la circulación viaria y del personal de las obras.

Se delimitarán cuidadosamente los arcones o zonas adyacentes a la calzada a fin de evitar que los materiales procedentes de aquéllos se mezclen con los de ésta durante el proceso de ejecución de la reutilización.

Donde resultase imposible el empleo del equipo de reutilización aprobado y haya de procederse a la utilización de otro distinto, se emplearán equipos de extensión aprobados por el Director de las Obras que proporcionen un producto acabado con unas características similares a las del resto de la unidad de obra.

20.5.6 Compactación

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras, de acuerdo con los resultados del tramo de prueba.

La mezcla no podrá permanecer más de media hora ($\leq 0,5$ h) sin que se proceda a su compactación y terminación. La compactación se realizará longitudinalmente, de manera continua y sistemática, hasta alcanzar la densidad especificada en el epígrafe 20.7.1. La compactación se iniciará por el borde más bajo de la franja que se esté tratando y se continuará hacia el más alto, solapándose las sucesivas pasadas. Si la compactación se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior. Si, como es recomendable, el extendido se realiza con dos máquinas en avance paralelo con un ligero solape, se compactarán las dos franjas a la vez.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano al equipo de extensión, y los cambios de dirección y de sentido se realizarán sobre material ya compactado y con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, sólo si fuera imprescindible, húmedos.

Las zonas que, por su reducida extensión, pendiente o proximidad a obras de paso o de desagüe, muros o estructuras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando, se compactarán con medios adecuados, de forma que las densidades que se alcancen no resulten inferiores, en ningún caso, a las exigidas.

20.5.7 Ejecución de juntas

Siempre que sea posible por motivos de seguridad viaria, la ejecución de los trabajos se realizará en la anchura completa del carril de modo que no se produzcan juntas longitudinales en el interior de la zona reutilizada, y únicamente sea necesaria una junta transversal al final de la jornada de trabajo. Para ello se utilizará una sola máquina de la anchura necesaria o bien dos trabajando en paralelo con el mínimo desfase posible, de modo que, después de haber ejecutado una franja, se realice la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre en condiciones de ser compactado.

Preferentemente, las juntas longitudinales entre la zona reutilizada y el firme existente deberán situarse en los bordes del carril, pero nunca en las franjas de rodadura (rodadas) de paso del tráfico.

Las juntas transversales de trabajo se efectuarán fresando el material de una zona ya tratada en la longitud suficiente, en general no inferior al diámetro del rotor de fresado, bajando hasta la profundidad especificada sin avanzar, para que pueda regularse con precisión la incorporación del ligante en la zona no tratada.

20.5.8 Curado y protección superficial

Para acelerar el proceso de curado y conseguir que se alcancen las resistencias mecánicas de la reutilización *in situ* con emulsión lo más pronto posible, se someterá la capa reutilizada a la acción del tráfico durante un período, a fijar por el Director de las Obras, en general de entre siete y treinta días (7 a 30 d), en función de las condiciones climatológicas y de la intensidad de circulación. Durante este período de acción del tráfico se tendrá cuidado de controlar su distribución por carriles para que no se concentren las rodadas en una sola franja.

Únicamente en el caso de que alguna zona presente riesgo de desprendimientos superficiales se deberá efectuar un riego de protección con árido de cobertura, de acuerdo a lo especificado en el artículo 532 del PG-3. La emulsión a aplicar tendrá un contenido de ligante entre el 35 y el 40% y el árido será una arena de machaqueo de tamaño máximo nominal de entre tres y cinco milímetros (3-5 mm). Las características de la arena serán las señaladas en el artículo 542 del PG-3 para un tráfico T3. La dotación de ligante residual estará comprendida entre doscientos y trescientos gramos por metro cuadrado (200-300 g/m²), y la del árido entre cuatro y siete litros por metro cuadrado (4-7 l/m²).

La extensión de una nueva capa sobre la reutilizada no se iniciará hasta que se puedan obtener testigos que no se disgreguen y permitan su transporte y manipulación para realizar en laboratorio las pruebas que se especifiquen.

20.6 TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la reutilización *in situ* con emulsión será preceptiva la realización de un tramo de prueba para cada tramo homogéneo, con el espesor y la fórmula de trabajo prescritos, y empleando los mismos medios que vayan a utilizarse para la ejecución de las obras. Se

comprobará la fórmula de trabajo, el funcionamiento de los equipos previstos (especialmente, la forma de actuación del equipo de compactación) y se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad del material reutilizado resultante con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de capa, densidad, granulometría, contenido de emulsión y demás requisitos exigidos.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será inferior a cien metros (≥ 100 m). El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

Al comienzo de cada tramo homogéneo:

- Se comprobará la profundidad de fresado.
- Se ajustará la velocidad de avance del equipo para obtener la profundidad de fresado, la granulometría dentro del huso especificado y una mezcla uniforme y homogénea.
- Se determinará la granulometría del material fresado que se vaya a reutilizar.
- Se comprobará y ajustará la fórmula de trabajo obtenida para ese tramo.

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

- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación del ligante establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control.
- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la densidad y humedad *in situ* establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control.
- Se comprobará en la mezcla la precisión de los sistemas de dosificación de la emulsión y del agua y, en su caso, de las adiciones.
- Se establecerán las relaciones entre humedad y densidad alcanzada, así como entre ésta última y el orden y número de pasadas de los compactadores.
- Se evaluará el esponjamiento de la capa reutilizada, por diferencia de espesor antes del fresado y después de la compactación, al objeto de garantizar el espesor mínimo de reutilización necesario.

A la vista de los resultados obtenidos el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso se podrá iniciar la ejecución de la reutilización. En el segundo, deberá proponer al Contratista las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en las unidades de fresado, mezcla o dosificación, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, aprobará su forma específica de actuación. En el segundo, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar otros adicionales a los existentes.

Los resultados obtenidos en el tramo de prueba definitivo servirán para fijar la fórmula de trabajo y los valores de referencia para los ensayos de control de calidad: granulometría, porcentaje de ligante aportado, humedad de compactación y densidad. Se fijará como densidad de referencia

la alcanzada en el tramo de prueba con los equipos propuestos y el plan de compactación empleado.

Esta densidad deberá ser igual o superior a la obtenida en laboratorio con la fórmula de trabajo propuesta con probetas fabricadas, compactadas y curadas según lo indicado en el apartado 20.3. Cuando no se alcance la densidad de laboratorio, pero, al menos, se alcance el noventa y cinco ($\geq 95\%$) por ciento de la densidad obtenida en laboratorio, se podrá aceptar el equipo de compactación siempre que se compruebe que, con la densidad realmente obtenida, se alcanzan las resistencias mecánicas recogidas en la tabla 20.4. De no alcanzarse el noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad, no se considerará aceptable el equipo de compactación utilizado. El Contratista deberá optar por proponer una mejora del equipo de compactación o modificar la fórmula de trabajo propuesta.

20.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

20.7.1 Densidad

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la densidad mínima de la capa tras el proceso de compactación y curado, expresada como porcentaje de la densidad de referencia alcanzada en el tramo de prueba definitivo con la fórmula de trabajo, la cual no será inferior al noventa y ocho por ciento ($\geq 98\%$).

La diferencia de densidades entre la zona más superficial y la más profunda de la capa compactada no superará los tres puntos porcentuales ($\leq 3\%$).

20.7.2 Terminación, rasante, anchura y espesor

La superficie de la capa reutilizada terminada deberá presentar una textura uniforme, exenta de segregaciones y de ondulaciones y con las pendientes adecuadas. La rasante no superará a la teórica en ningún punto, ni quedará por debajo de ella en más de quince milímetros (≤ 15 mm).

En perfiles transversales cada veinte metros (20 m) se comprobará la anchura de la capa reutilizada, que en ningún caso será inferior ni superará en más de diez centímetros (≤ 10 cm) a la establecida en los planos del Proyecto.

El espesor de la capa reutilizada no deberá ser inferior en ningún punto al previsto en los planos de secciones tipo del Proyecto.

20.7.3. Regularidad superficial

El índice de regularidad internacional (IRI) (norma NLT -330) de la capa terminada deberá cumplir los valores indicados en la tabla 20.7

TABLA 20.7 - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	IRI (dm/hm)	
	RFE tipo III y categoría de tráfico pesado T2 o superior	Resto de los casos
50	< 1,5	< 2,5
80	< 2,0	< 3,0
100	< 2,5	< 3,5

20.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se iniciará o se detendrá el proceso de reutilización en cualquiera de las dos situaciones siguientes:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a diez grados Celsius (< 10 °C).
- Cuando se produzca o haya una previsión de comienzo de precipitación en los siguientes sesenta minutos (60 min), independientemente de su intensidad.

20.9. CONTROL DE CALIDAD

20.9.1. Consideraciones generales

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

La realización de los ensayos in situ y la toma de muestras se realizará en puntos previamente seleccionados mediante muestreo aleatorio, tanto en sentido longitudinal como transversal, de tal forma que haya al menos una (1) toma o un (1) ensayo por cada hectómetro (hm).

20.9.2 Control de procedencia de los materiales

20.9.2.1 Emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 214 del PG-3.

20.9.2.2 Árido de aportación

En su caso, el árido de aportación deberá cumplir lo indicado en el artículo 542 de PG-3

20.9.2.3 Aditivos

En el caso de emplear cal o cemento, deberán cumplir las especificaciones establecidas en los artículos 200 y 202 del PG-3, respectivamente.

20.9.3 Control de ejecución

20.9.3.1 Dosificación de la emulsión y agua de aporte

Se controlará el funcionamiento de las boquillas de inyección al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde) y, en cualquier caso, antes del inicio de los trabajos. En cada camión de suministro se controlará, además, el consumo efectivo de ligante y agua, que se contrastará con la información proporcionada por el equipo para el control del volumen de emulsión y agua añadidos.

20.9.3.2 Dosificación de aditivos

La dosificación, en su caso, de aditivos específicos se controlará como se indique en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Para el control de la dosificación de cemento o cal, que se realizará al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde), se emplearán bandejas de superficie y masa conocidas que se colocarán antes de la extensión del material y se pesarán con posterioridad.

20.9.3.3 Fresado y mezcla reutilizada

Por cada lote definido en el epígrafe 20.9.4, y al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde), se efectuarán las siguientes determinaciones:

- Granulometría (norma UNE-EN 933-1) del material a reutilizar, previo a la extracción del ligante.
- Contenido de ligante (normas UNE-EN 12697-1 o UNE-EN 12697-39) del material a reutilizar.
- Contenido de humedad de la mezcla reutilizada (norma UNE EN 1097-5).
- Dosificación de ligante (normas UNE-EN 12697-1 o UNE-EN 12697-39) de la mezcla bituminosa reutilizada.
- Fabricación y curado de dos (2) series de cuatro (4) probetas, para la determinación de la resistencia a compresión estática y resistencia conservada, según lo especificado en el apartado 20.3.

Tanto el número de series como el de probetas por serie podrán ser incrementados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o bien por el Director de las Obras, si así lo aconsejase el desarrollo de las obras.

La adición de agua y de emulsión se controlará por medio del caudalímetro del equipo de reutilización, que dispondrá de un sistema automático de registro, de forma que se obtenga en cada tramo la humedad especificada.

Se comprobará con la frecuencia necesaria, a juicio del Director de las Obras:

- Que la profundidad y anchura de reutilización, y la velocidad del rotor y de avance del equipo son las aprobadas de acuerdo con el apartado 20.6.
- El aspecto de la mezcla reutilizada, especialmente la cobertura del ligante, la homogeneidad de la superficie y la ausencia de segregaciones.

- El espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras, teniendo en cuenta la disminución que experimentará el material al ser compactado.

Si la reutilización se realiza con dos equipos trabajando en paralelo los controles especificados en este epígrafe se efectuarán para cada uno de ellos.

20.9.3.4 Compactación

Se comprobará que la composición y forma de actuación del equipo de compactación es acorde con la aprobada por el Director de las Obras tras el tramo de prueba, verificando:

- Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación y limpieza.
- El lastre y masa total de los compactadores y, en su caso, la presión de inflado de las ruedas de los compactadores de neumáticos.
- La frecuencia y la amplitud de los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

En el caso de usar equipo nuclear u otros métodos rápidos de control de la compactación, éstos habrán sido convenientemente contrastados en la realización del tramo de prueba. En el primer caso, para la determinación de la densidad media la varilla con la fuente radiactiva deberá introducirse hasta el fondo de la capa reutilizada.

20.9.3.5 Curado y protección superficial

Mientras se someta la capa a la acción del tráfico para acelerar la eliminación de humedad de la mezcla compactada, se comprobará diariamente que no se han producido deformaciones ni pérdida de partículas por la acción de dicho tráfico y se llevará a cabo el control de la distribución transversal del tráfico para que la acción de este no se concentre en una sola franja.

En caso de que el Director de las Obras ordene la ejecución de un riego de protección con árido de cobertura, este se controlará de acuerdo con lo indicado en 20.5.8.

20.9.4 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, dentro de cada tramo homogéneo, según lo establecido en el epígrafe 520.5.1:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor, la densidad y la humedad, de acuerdo con lo especificado en el epígrafe 20.5.2, se comprobarán mediante la extracción de testigos cilíndricos (norma UNE-EN 12697-27) en emplazamientos aleatorios, después de finalizado el curado y antes de ejecutar otra capa sobre la reutilizada. Los testigos obtenidos deberán presentar un aspecto homogéneo y compacto en todo su espesor, no admitiéndose aquellos que presenten coqueas, resulten disgregados, rotos

o troceados durante su extracción. El número de testigos por lote será de tres (3), aumentándose hasta un máximo de cinco (5), en casos de detección de anomalías en espesores o densidades, a criterio del Director de las Obras. Las cavidades producidas por la extracción de testigos se rellenarán con material de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, y será correctamente compactado y enrasado.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. En perfiles transversales cada veinte metros (20 m) se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta un aspecto uniforme, así como ausencia de segregaciones. Se verificará también que la anchura de la capa cumple lo establecido en el epígrafe 20.7.2.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará, en tramos de mil metros (1 000 m) de longitud, 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) (norma NLT-330), calculando un solo valor de IRI para cada hectómetro (hm) del perfil auscultado y así sucesivamente hasta completar el tramo medido, que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 20.7.3. En el caso de que se ausculte más de un perfil longitudinal (rodada derecha e izquierda) se deberá verificar el cumplimiento de las condiciones descritas en cada uno de ellos.

20.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos en el epígrafe 20.9.4, según lo indicado a continuación:

20.10.1 Densidad

Por cada lote, la densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el epígrafe 20.7.1. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa y cinco por ciento ($\geq 95\%$) de la densidad especificada, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de material reutilizado correspondiente al lote controlado.
- Si es inferior al noventa y cinco por ciento ($< 95\%$) de la densidad especificada, se demolerá mediante fresado la capa de material reutilizado correspondiente al lote controlado y se repondrá, con un material aceptado por el Director de las Obras, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición se tratará conforme a la legislación ambiental vigente siguiendo las indicaciones del Director de las Obras.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un (≤ 1) individuo de la muestra ensayada del lote presente un valor inferior al prescrito (20.7.1) en más de cinco (5) puntos porcentuales. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada una de ellas, aplicando a cada uno los criterios descritos en este epígrafe.

20.10.2 Espesor

El espesor medio obtenido no será inferior al especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los planos del Proyecto.

Si el espesor medio obtenido es inferior al especificado, se compensará la diferencia con un espesor adicional equivalente de la capa superior prevista, aplicado en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un (≤ 1) individuo de la muestra ensayada del lote presente un valor inferior al prescrito en más de un diez por ciento ($\leq 10\%$). De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada una de ellas, aplicando a cada uno los criterios descritos en este epígrafe.

20.10.3 Rasante

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas, ni existirán zonas que retengan agua. Si se rebasan dichas tolerancias se procederá de la siguiente manera:

- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el Director de las Obras podrá aceptar la rasante siempre que se compense la merma producida con el espesor adicional necesario de la capa superior prevista, en toda la anchura de la sección tipo y 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. El producto resultante será tratado según la legislación ambiental vigente.

20.10.4 Regularidad superficial

Los resultados de la medida de la regularidad superficial de la capa acabada no excederán de los límites establecidos en el epígrafe 20.7.3. Si se sobrepasaran dichos límites, se procederá de la siguiente manera:

- Si es inferior al diez por ciento ($< 10\%$) de la longitud del tramo controlado se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si es igual o superior al diez por ciento ($\geq 10\%$) de la longitud del tramo controlado se corregirán los defectos mediante fresado por cuenta del Contratista, teniendo en cuenta todo lo especificado en los epígrafes 20.10.3 y 20.10.4.

20.11 MEDICIÓN Y ABONO

La emulsión bituminosa se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, obtenidas multiplicando la medición abonable de material reutilizado por la dosificación media deducida del control de dosificación de cada lote.

Los conglomerantes hidráulicos, cal o cemento, y los aditivos específicos sólo se abonarán separadamente si así estuviera recogido explícitamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y su precio incluido en el Cuadro de Precios. Su abono se hará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, obtenidas multiplicando la medición abonable de material reutilizado por la dosificación media deducida del control de dosificación de cada lote.

La ejecución de la reutilización *in situ* de firmes se abonará por metros cúbicos (m³) de material reutilizado, los cuales se obtendrán como producto de la superficie reutilizada, obtenida multiplicando las anchuras de las secciones tipo señaladas en los Planos por la longitud realmente ejecutada, y el espesor medio de reutilización deducido de los ensayos de control.

En dicho abono se considerará incluido el fresado de las capas del firme existente, la mezcla y homogeneización del material fresado, el agua y, los aditivos, salvo que se abonen de forma separada según lo indicado anteriormente, la extensión y la compactación de la mezcla.

No se tendrá derecho a un incremento de abono por las zonas solapadas o las superficies que, por sus defectos, haya sido necesario reutilizar en más de una aplicación. Tampoco serán de abono las creces laterales, ni la limpieza de la superficie existente.

La aplicación del ligante bituminoso para la protección superficial de la mezcla reutilizada se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, medidas antes de su empleo. El árido de cobertura superficial, incluida su extensión, apisonado y barrido posterior, se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra.

REUTILIZACIÓN *IN SITU* CON CEMENTO DE CAPAS DE FIRMES

21.1 DEFINICIÓN

Se define como reutilización *in situ* con cemento de capas de firme la mezcla homogénea, convenientemente extendida y compactada, del material procedente del fresado de una o varias capas de un firme existente, con excepción de las de pavimento de hormigón y de hormigón magro vibrado, con cemento, agua y, eventualmente, aditivos y material de aportación.

Todo el proceso de ejecución se realiza a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar, en una profundidad adecuada para que el espesor resultante tras la compactación esté comprendido entre veinte y treinta centímetros (20 a 30 cm). Excepcionalmente se podrá reutilizar con cemento hasta una profundidad de treinta y cinco centímetros (35 cm) siempre que se pueda garantizar en obra una compacidad uniforme en todo el espesor de la capa.

Aunque no es objeto de aplicación de este artículo, si el material procedente del fresado o demolición de capas de firmes (incluidos pavimentos de hormigón y hormigón magro vibrado) se lleva a una instalación para su tratamiento, clasificación y mezclado con cemento, dicha mezcla resultante podrá considerarse un material tratado con cemento (suelocemento o gravacemento), si cumple los requisitos del artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y lo indicado, en su caso, en el apartado 21.2.4 de este artículo.

Su ejecución *in situ* incluye las siguientes operaciones:

- Estudio previo de los materiales.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo de cada tramo homogéneo.
- Fresado de la parte del firme a reutilizar.
- Incorporación, en su caso, del árido de aportación.
- Incorporación del cemento, el agua y, eventualmente, los aditivos.
- Mezclado y extensión.
- Precompactación
- Realización de juntas en fresco (prefisuración), en su caso.
- Refino y compactación final.
- Riego de curado y, en su caso, un riego con gravilla monocapa como protección superficial.

21.2 MATERIALES

21.2.1. 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 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 de suelos contaminados.

21.2.2 Cemento

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obra, fijará el tipo y la clase resistente del cemento, que cumplirá las prescripciones del artículo 202 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y las adicionales que establezca, en su caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Los cementos recomendados para estas unidades de obra serán los que figuran en la vigente Instrucción de recepción de cementos: cementos comunes de los tipos CEM II/B, CEM III, CEM IV y CEM V, de clase resistente 32,5N, y el cemento para usos especiales ESP VI-1. El Director de la obra podrá autorizar en épocas frías o en otras circunstancias que así lo precisaran, el empleo de un cemento de clase resistente superior.

Si el contenido ponderal de sulfatos solubles (SO₃) en el material granular que se reutilice (norma UNE 103201) fuera superior al cinco por mil (> 5 ‰) en masa, deberá emplearse un cemento resistente a los sulfatos (SR/SRC) y aislar adecuadamente estas capas del firme de las obras de hormigón.

No se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en instalaciones de fabricación de cemento.

21.2.3. Material existente a reutilizar

21.2.3.1 Características generales

El material a reutilizar estará constituido por partículas pétreas, recubiertas o no por ligante hidrocarbonado envejecido o por cemento, resultantes de la adecuada disgregación mediante fresado del firme existente en la profundidad establecida.

El Director de la obra, de acuerdo con las características y el estado del firme, determinará si existen zonas en las que no deba reutilizarse el material existente, en cuyo caso se tratarán como un residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, y se sustituirán por un material aprobado por el Director de la obra, quien podrá autorizar la reutilización de material fresado procedente de localizaciones distintas a la que se esté reutilizando.

El material granular a reutilizar no presentará reactividad potencial con los álcalis del cemento. En los materiales para los que no exista suficiente experiencia en su comportamiento en mezclas con cemento se deberá realizar un estudio petrográfico del cual se obtendrá información sobre el tipo de reactividad que en su caso puedan presentar.

En caso de que el estudio petrográfico indique la posibilidad de reactividad de los materiales granulares con el cemento se deberá realizar un estudio específico que garantice la seguridad de la reutilización.

Si del estudio petrográfico del material granular se deduce la posibilidad de que presente reactividad álcali-sílice o álcali-silicato se deberá realizar el ensayo descrito en la norma UNE 146508 EX (método acelerado en probetas de mortero).

Si del estudio petrográfico del material granular se deduce la posibilidad de que presente reactividad álcali-carbonato se deberá realizar el ensayo descrito en la norma UNE 146507-2EX. En el caso de que en el material a reutilizar estuviese formado por materiales de distinta procedencia, este ensayo se realizará sobre la fracción calizo-dolomítica.

21.2.3.2 Granulometría

El material a reutilizar no contendrá elementos de tamaño superior a cuarenta y cinco milímetros (≤ 45 mm), si bien en reutilizaciones para categoría de tráfico pesado T32 o inferior se admitirán partículas de hasta ochenta milímetros (80 mm) de tamaño máximo en el caso de que el firme a reutilizar contenga alguna capa de macadam. En caso contrario, el Director de la obra aprobará las medidas a adoptar para su eliminación.

El contenido de partículas cernido por el tamiz 4 mm (norma UNE-EN 933-2) no será inferior al treinta por ciento ($\geq 30\%$) en masa.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará si es necesario corregir la granulometría del material disgregado con árido de aportación. En su defecto, el Director de la obra podrá ordenar la utilización de árido de aportación, cuando el material disgregado no alcance el valor mínimo citado de partículas pasando por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.

21.2.3.3 Composición química

El material a reutilizar estará exento de materia orgánica y de productos que puedan perjudicar el fraguado del cemento.

El contenido ponderal en azufre total (expresado en S) y de sulfatos solubles en ácido del árido (SO₃) según la norma UNE-EN 1744-1 no será superior al uno por ciento ($S < 1\%$), ni a ocho décimas porcentuales (SO₃ < 0,8%), respectivamente.

En caso de dudas sobre el comportamiento químico de material a reutilizar, el Director de la obra podrá ordenar la realización de un ensayo de expansión acelerada, según la norma UNE-EN 13286-49, combinado con el de resistencia a tracción indirecta (UNE-EN 13286-42). Se podrá considerar que el tratamiento es eficaz cuando se cumplan las dos condiciones siguientes:

- El valor de la expansión volumétrica del material tratado, después de siete días (7 d) de inmersión en agua es inferior al cinco por ciento ($GV < 5\%$).
- La resistencia a tracción indirecta determinada sobre una muestra de tres probetas idénticas a las indicadas para el ensayo de expansión acelerada y sometidas a las mismas condiciones de conservación e inmersión en agua a cuarenta grados Celsius (40 °C) durante siete días (7d), con la diferencia de que esta inmersión se hará con las probetas dentro de sus moldes, sea mayor o igual a dos décimas de megapascal ($\geq 0,2$ MPa).

21.2.3.4 Plasticidad

El material a reutilizar será No Plástico (norma UNE-EN ISO 17892-12). Únicamente en carreteras de tráfico pesado T4 se podrá admitir que el material a reutilizar presente plasticidad siempre que el límite líquido (norma UNE-EN ISO 17892-12) sea inferior a treinta y cinco ($LL < 35$) y el índice de plasticidad (norma UNE-EN ISO 17892-12), sea igual o inferior a quince ($IP \leq 15$). Si el material no cumple estas condiciones, el Director de la obra podrá autorizar un tratamiento previo con cal para corregir la plasticidad del material. La dotación de cal deberá determinarse mediante ensayos de laboratorio y será aprobada por el Director de la obra.

21.2.4. Árido de aportación

Si fuese necesario utilizar árido de aportación como corrector granulométrico, su granulometría y proporción se ajustarán de forma que se obtenga una granulometría del material reutilizado que cumpla lo indicado en el apartado 21.2.3.2. En general, el árido de aportación será una arena de machaqueo no plástica ($IP=0$) con tamaño máximo significativo (retenido máximo del 10%) de entre tres y cinco milímetros (3-5 mm), de granulometría continua y un equivalente de arena que cumpla lo indicado en la tabla 510.3 del art. 510 (Zahorras) del PG-3

Si fuese necesario utilizar un árido de aportación para corregir peraltes, completar el espesor de capa reutilizada o efectuar un ensanche, dicho árido cumplirá las prescripciones exigidas para la zahorra artificial en el artículo 510 del PG-3 y su empleo deberá ser aprobado previamente por el Director de la obra. En el caso de los arcenes, el material de aportación también podrá ser un suelo seleccionado que cumplirá las prescripciones exigidas en el artículo 330 del PG-3 con las limitaciones de tamaño máximo señaladas en el apartado 21.2.3.2.

También podrán utilizarse materiales granulares reutilizados, áridos siderúrgicos, residuos de construcción y demolición o productos inertes de desecho, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en este artículo, y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación europea sobre estas materias. Para su empleo se exigirá que las condiciones para su tratamiento y aplicación estén estudiadas y fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El material de aportación no presentará reactividad potencial con los álcalis del cemento, ni contendrá elementos que perjudiquen su fraguado. No podrán utilizarse aquellos clasificados como peligrosos, por no cumplir la legislación ambiental y de seguridad y salud vigente.

Por otra parte, en el caso de ensanches ejecutados simultáneamente con la reutilización, el árido aportado para el ensanche deberá seleccionarse de forma que, empleando la misma dotación, tipo y clase resistente de cemento, se obtenga una resistencia a compresión igual o superior a la del firme reutilizado, sin que la variación sea superior a un veinte por ciento (20%).

21.2.5 Agua

El agua deberá cumplir las prescripciones establecidas para el agua de amasado y curado del hormigón.

21.2.6 Aditivos

En el caso de emplearse, se cumplirán las prescripciones de los artículos 513 del Pliego General PG-3.

21.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y composición de la mezcla reutilizada, cuyo contenido de cemento, resistencia y período de trabajabilidad deberán cumplir lo indicado en este apartado.

El contenido mínimo de cemento será el necesario para conseguir que la resistencia media a compresión a los siete días (7 d) del material resultante sea superior a los dos con cinco megapascales ($> 2,5$ MPa). En cualquier caso, dicho contenido no será inferior al tres con cinco por ciento ($\geq 3,5$ %) de la masa total en seco del material a reutilizar.

En caso de emplearse cementos para usos especiales (ESP VI-1) o cementos con elevadas proporciones de adiciones activas la resistencia mínima a compresión simple a 7 días podrá reducirse en un quince por cien (15%).

Las probetas para la determinación de las resistencias se compactarán (norma UNE-EN 13286-51) con la energía que proporcione la densidad mínima exigida en el epígrafe 21.7.1 de este artículo o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y se ensayarán a compresión simple según la UNE-EN 13286-41.

El periodo de trabajabilidad de la mezcla obtenida, determinado a la temperatura máxima esperada durante la puesta en obra (norma UNE-EN 13286-45), no será inferior al indicado en la tabla 21.1. En el supuesto de una ejecución por franjas, el material resultante tendrá un periodo de trabajabilidad tal que permita completar la compactación de cada una de ellas, antes de que se haya finalizado dicho periodo en la franja adyacente reutilizada previamente.

**TABLA 21.1 – PERIODO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD (w_{pc})
(UNE-EN 13286-45) DE LA REUTILIZACIÓN *IN SITU* CON CEMENTO**

Situación de obra	Anchura	w_{pc} (horas)
Sin tráfico	Carril completo	2
	Por franjas	3
Con tráfico	Cualquiera	4

21.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

21.4.1 Consideraciones generales

No se podrá utilizar en la ejecución de la reutilización in situ con cemento equipo alguno que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por el Director de la obra.

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

21.4.2 Equipo de ejecución

Para la ejecución de la reutilización in situ con cemento se deberán emplear equipos mecánicos. Éstos podrán ser equipos independientes que realicen por separado las operaciones de fresado, de dosificación y de distribución del cemento y del agua, de mezcla, de extensión y de compactación, o bien equipos que realicen dos o más de estas operaciones, excepto la compactación, de forma simultánea.

Salvo justificación en contrario, para las carreteras con categoría de tráfico pesado T2 o cuando la superficie a tratar sea superior a los setenta mil metros cuadrados (> 70.000 m²) será preceptivo el empleo de equipos que integren en una sola máquina las operaciones de fresado, de dosificación y distribución de la lechada de cemento, de mezcla y de extensión.

El suministro del cemento, agua y demás componentes se realizará desde cubas o depósitos móviles de modo que no se produzcan paradas del equipo.

Se dispondrán los medios y la mano de obra necesarios para que las zonas entre franjas de reutilización cumplan todas las condiciones de dosificación, compactación y regularidad superficial especificados en este artículo.

21.4.2.1 Fresado

El equipo de fresado, compuesto por una o más máquinas fresadoras, estará dotado en cada una de ellas con un rotor de fresado de eje horizontal que deberá ser capaz de fresar el firme existente en la profundidad y la anchura especificadas, produciendo un material homogéneo con la granulometría requerida en una sola pasada y deberá hacerlo a una velocidad constante adecuada. Las fresadoras estarán dotadas de un dispositivo de control automático que asegure el espesor especificado y prefijado. Además, estarán provistas de un dispositivo que evite el levantamiento en bloques del material, que en cualquier caso deberá quedar adecuadamente disgregado.

21.4.2.2 Dosificación

El equipo de dosificación del cemento y del agua y los aditivos se compondrá de depósitos, bombas de caudal variable y difusores adecuadamente dispuestos, con control automático programable de dosificación, que permitan realizar las dosificaciones de la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y anchura del material fresado que se vaya a reutilizar, y según la velocidad de avance de la máquina, con las tolerancias fijadas en este artículo.

El cemento se aplicará en forma de lechada, para lo cual el equipo de reutilización incluirá un mezclador con alimentación volumétrica de agua y dosificación ponderal del cemento y, en su caso, de aditivos.

El suministro del cemento a la unidad de mezclado se realizará desde cubas o depósitos móviles, de modo que no se produzcan paradas de los elementos de mezcla y extensión del material reutilizado.

Siempre que se cumplan los requisitos de la legislación ambiental y de seguridad y salud, se emplearán equipos con dosificación ligada a la velocidad de avance, que podrán consistir en tanques remolcados con tolvas acopladas en la parte posterior con compuerta regulable.

El equipo de reutilización deberá estar provisto de un dosificador-distribuidor volumétrico de lechada, con bomba de caudal variable y dispositivo de rociado, así como control automático programable de dosificación, que permita adecuar las dosificaciones a la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y anchura del material fresado a reutilizar, y según el avance de la máquina, con las tolerancias fijadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, en este artículo.

El cemento se podrá dosificar en polvo en obras pequeñas, cuya superficie a tratar sea menor de veinte mil metros cuadrados (< 20.000 m²) y, excepcionalmente, cuando la superficie del pavimento se encuentre mojada y no sea posible demorar las operaciones, siempre que lo autorice expresamente el Director de la obra.

En este caso, y siempre que se cumplan los requisitos de la legislación ambiental y de seguridad y salud, se emplearán equipos con dosificación ligada a la velocidad de avance, que podrán consistir en tanques remolcados con tolvas acopladas en la parte posterior con compuerta regulable. Si la descarga del cemento sobre el firme a reutilizar se realizase desde una altura superior a diez centímetros (10 cm), el dispositivo de descarga estará protegido con faldones

cuya parte inferior no deberá distar más de diez centímetros (10 cm) de la superficie del firme. En este caso, el equipo de dosificación deberá desplazarse coordinadamente con el de reutilización, sin dejar excesivo espacio entre ambos, adoptándose las medidas de prevención necesarias.

Además, deberá disponerse de un camión cisterna o equipo similar capaz de incorporar al equipo de reutilización el agua de amasado en la proporción necesaria, de acuerdo con la velocidad de avance y la profundidad de trabajo.

En caso de emplearse aditivos y de que el equipo de reutilización no tuviera dispositivos específicos para su incorporación en la dotación requerida, se añadirán al agua de amasado en el equipo de alimentación de ésta, debiendo entonces estar provisto dicho equipo de los dosificadores necesarios.

21.4.2.3 Mezclado y extensión

El mezclado, efectuado aprovechando la energía del rotor de fresado en el caso de los equipos integrados, deberá garantizar una mezcla homogénea y uniforme en toda la anchura y profundidad de la reutilización. La mezcla podrá realizarse mediante una mezcladora independiente o bien en las propias máquinas fresadoras aprovechando la energía del rotor de fresado, en cuyo caso el sistema de dosificación deberá ir incorporado al elemento de fresado.

La cámara de mezclado dispondrá de una compuerta posterior en el sentido de avance del equipo, que regule la altura de salida del material y el tiempo que éste permanece en ella en el caso de no disponer de plancha de colocación, y, en algunos casos, incorporará también un elemento alisador que mejore el acabado y proporcione una precompactación homogénea, que permita obtener el perfil deseado.

Para los tráfico T00 y T0 el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá especificar el empleo de un equipo para la extensión que disponga de un distribuidor que evite la segregación del material mezclado y realice una extensión (y, preferentemente, también una precompactación) homogéneas y con el perfil deseado, mediante una maestra de extensión con dispositivos de nivelación automáticos.

21.4.2.4 Compactación

Se cumplirán las prescripciones del artículo 513 del PG-3. Para espesores de reutilización superiores a treinta centímetros (30 cm) se utilizarán compactadores de la máxima carga posible, si lo considera necesario el Director de la obra.

21.4.2.5 Ejecución de juntas transversales en fresco

Se cumplirán las prescripciones del artículo 513 del PG-3.

21.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

21.5.1 Estudio previo de los materiales

21.5.1.1 Estudio del material existente a reutilizar y comprobación de la tramificación

Previamente a la formulación de la mezcla se realizará una inspección de la superficie a reutilizar comprobando los datos del reconocimiento de proyecto y la tramificación propuesta. Se tomarán muestras representativas de los materiales existentes en los diferentes tramos comprobando el espesor y el tipo de material de las diferentes capas. Como mínimo se realizarán dos (2) testigos y una (1) calicata por kilómetro (km) o tramo diferenciado si su longitud fuera menor, asegurando que se obtiene material suficiente para los ensayos.

En cada tramo homogéneo se tomarán muestras de material en el espesor previsto inicialmente, realizándose en el laboratorio una rotura del material de similares características al que se produzca con el fresado de la máquina que se vaya a emplear en la ejecución de la obra.

Sobre las muestras de cada tipo de material fresado en cada tramo homogéneo se determinará:

- Análisis granulométrico (norma UNE-EN 933-1).
- Límite líquido e índice de plasticidad (norma UNE-EN ISO 17892-12).
- Contenido de sulfatos (norma UNE 103201).
- Contenido de materia orgánica (norma UNE 103204).
- Contenido de humedad (norma UNE-EN ISO 17892-1).
- La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado (UNE 103501).
- La presencia de elementos inhibidores del fraguado del cemento, tales como sulfuros (piritas) o cloruros (sal gema).

Los resultados del reconocimiento y de los ensayos deberán servir para verificar que el material existente es apto para su reutilización *in situ* con cemento y que los tramos en que se ha dividido la obra sean suficientemente homogéneos en relación con los objetivos pretendidos por el procedimiento de reutilización.

No deberán considerarse homogéneos los tramos cuyos resultados individuales de los ensayos indicados en este apartado presenten variaciones sobre los resultados medios superiores a las tolerancias establecidas en la tabla 21.2, ni cuando varíe el tipo de árido.

TABLA 21.2 – TOLERANCIAS MÁXIMAS ADMISIBLES EN TRAMOS HOMOGÉNEOS

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	TOLERANCIA MÁXIMA
Proporción de material bituminoso sobre el total de material a reutilizar		%	± 10
Material granular a reutilizar	Tamaño máximo		0
	Pasa 4 mm	%	± 4
	Índice de plasticidad		± 3
Densidad máxima del Proctor modificado		%	± 3

21.5.1.2 Valores de referencia de las características

Una vez comprobado que el material cumple todas las condiciones establecidas en este artículo, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en el proyecto, el Director de la obra aprobará y fijará las características de referencia en cada tramo homogéneo.

Se tomarán como características de referencia, para cada tipo de material, la media de todos los resultados de cada ensayo prescrito. Los valores así obtenidos deberán diferir de los valores límite establecidos un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la heterogeneidad propia del material y la dispersión que introduce la ejecución en obra y su control, los valores obtenidos en el control de calidad de la ejecución de las obras cumplan los límites establecidos.

21.5.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La ejecución de la reutilización in situ con cemento no se podrá iniciar hasta que el Director de la obra haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en el tramo de prueba, la cual señalará, como mínimo:

- El espesor de la reutilización in situ.
- La granulometría del material fresado y, en su caso, la proporción y la granulometría del material de aportación a emplear en la mezcla.
- El tipo y clase resistente del cemento y su proporción en masa, respecto de la masa total del material a reutilizar en seco.
- La proporción en masa, respecto de la masa total del material a reutilizar en seco, del agua de amasado.
- Los tipos de aditivos y sus proporciones en masa, respecto de la masa total del material a reutilizar en seco.
- La humedad de compactación.
- El periodo de trabajabilidad de la mezcla, a la máxima temperatura media prevista en obra (entre las doce, 12:00 h, y las quince horas, 15:00 h, horario solar).
- El valor de la densidad de referencia.

En el caso de que la capa reutilizada in situ vaya a abrirse de forma inmediata al tráfico o se trabaje bajo tráfico, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto el Director de la obra, deberá establecer el valor admisible del índice de carga inmediato (IBI) (norma UNE-EN 13286-47) que, en ningún caso será inferior a cincuenta (≥ 50).

Para el estudio de la mezcla de cada tramo homogéneo del material a reutilizar:

- Se obtendrán muestras representativas, en cantidad suficiente para la realización de los pertinentes ensayos, mediante un equipo de fresado igual o similar al que vaya a emplearse en obra.
- Se determinarán la humedad y la densidad máxima mediante el ensayo de Proctor modificado (UNE 103501).
- Se determinarán los contenidos de cemento necesarios para alcanzar la resistencia a compresión a siete días (7 d) especificada en 21.3 sobre probetas compactadas a diferentes densidades al 93, 95, 97 y 100% de la densidad máxima del Proctor Modificado, de forma que, con vistas a la realización del tramo de prueba, se disponga

de una curva que relacione el contenido mínimo de cemento requerido para alcanzar la resistencia a compresión a 7 días frente a la densidad obtenida realmente en el tramo de prueba.

La fórmula de trabajo será aprobada por el Director de la obra de acuerdo con lo indicado en este apartado y a la vista de los resultados obtenidos en el tramo de prueba, según se indica en el apartado 21.6. Se comprobará la fórmula de trabajo cada vez que varíen las características del material a reutilizar o de alguno de los componentes de la mezcla. En particular, dada la posible variación de las características de los materiales existentes en el firme, es posible que sea necesario realizar ajustes del contenido de humedad durante la ejecución de las obras, por lo que los mecanismos de control y de toma de decisiones también deberán ponerse a punto durante la realización del tramo de ensayo.

En el caso de que las condiciones ambientales cambiasen de forma importante, deberá determinarse de nuevo el plazo de trabajabilidad de la mezcla.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla 21.3.

TABLA 21.3 – TOLERANCIAS ADMISIBLES SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	TOLERANCIA
Cernido tamices UNE-EN 933-2	Tamaño máximo	% sobre la masa total del material a reutilizar en seco	0
	4 mm		± 6
	2 mm		± 4
Dotación de cemento			± 0,3
Humedad de compactación (agua total)		% respecto de la de referencia	±1,0%

21.5.3 Preparación de la superficie existente

Antes de comenzar los trabajos de reutilización se procederá a la preparación de la superficie del firme realizando las siguientes operaciones:

- Limpieza y retirada de materias extrañas acumuladas en toda la anchura de la carretera, incluso en los carriles que no vayan a ser reutilizados.
- Tratamiento o eliminación de zonas que no puedan cumplir las especificaciones mínimas para poder ser reutilizadas.
- Nivelación de la plataforma añadiendo, si fuera necesario, el árido de aportación para conseguir los perfiles longitudinal y transversal previstos.

21.5.4 Incorporación del árido de aportación

Cuando sea necesario árido de aportación al material a reutilizar, se incorporará a la mezcla por uno de los procedimientos siguientes, que será aprobado por el Director de la obra en el tramo de prueba correspondiente:

- Mediante su extensión en una capa de espesor uniforme sobre la superficie existente antes del fresado.
- Mediante la extensión parcial de ese árido antes del fresado.

- Mediante su incorporación al proceso de mezcla de los materiales después de fresar. Este procedimiento requiere un equipo de recogida de material, dosificación y mezcla independiente del equipo de reutilización.

21.5.5 Fresado del espesor del firme a reutilizar

El fresado se realizará con el equipo y el método aprobados por el Director de la obra después de la ejecución del tramo de prueba, de acuerdo con lo establecido en el apartado 21.4.

La velocidad de avance del equipo será constante en cada tramo, a fin de asegurar una profundidad uniforme de fresado y la homogeneidad del material reutilizado. Se evitarán, en lo posible, las paradas y cuando sean inevitables, si están unidos en un equipo, se cortarán de forma inmediata las entradas de cemento y de agua para evitar sobredosificaciones o encharcamientos. Deberá comprobarse, con la frecuencia que el Director de la obra considere necesario o que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto indique, que la granulometría del material fresado corresponde a la obtenida en el tramo de prueba y, por tanto, a la utilizada para la elaboración de la fórmula de trabajo.

Siempre que se observe que no se cumplen las tolerancias admisibles citadas en el apartado 21.5.2, se detendrá la reutilización hasta eliminar las causas de la anomalía (desgaste de picas, obstrucción de inyectores, etc.).

Donde resultase imposible el empleo de equipos adecuados, el material se demolerá con otros medios mecánicos y los productos así obtenidos se tratarán como un residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, pudiéndose utilizar en los términos previstos para ellos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Estas zonas se rellenarán con materiales que, en cualquier circunstancia, deberán cumplir las prescripciones establecidas para el conjunto de la unidad de obra.

21.5.6 Distribución del cemento, agua y aditivos

El cemento, el agua y los aditivos se distribuirán uniformemente mediante equipos mecánicos con la dosificación fijada en la fórmula de trabajo, garantizando su mezcla homogénea en todo el ancho efectivo de trabajo. La distribución del cemento se realizará en forma de lechada y directamente en el mezclador del equipo de reutilización, salvo las excepciones mencionadas en 21.4.2.2.

Antes de iniciar el proceso en obra se purgarán y pondrán a punto las bombas y los dispersores de agua y de lechada, fuera del lugar de empleo para garantizar las dotaciones establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua y uniforme. En cada parada del equipo de reutilización se realizará una limpieza de los difusores, y como mínimo dos veces al día (2/d). Las operaciones para abastecer de cemento al equipo dosificador se realizarán sin afectar al tráfico que circule por los carriles que se mantengan en servicio. El Director de la obra podrá autorizar la distribución del cemento en seco en obras pequeñas o cuando sea conveniente por el exceso de humedad del firme a reutilizar.

En el caso de que la distribución del cemento no se realice en forma de lechada, deberán coordinarse adecuadamente los avances del equipo de dosificación de cemento y del de reutilización, no permitiéndose que haya entre ambos una longitud extendida de cemento superior a cien metros (100 m). La extensión del cemento se detendrá cuando la velocidad del viento fuera excesiva, a juicio del Director de la obra, o cuando supere los diez metros por segundo (10 m/s), o cuando la emisión de polvo afecte a zonas pobladas, ganaderas o especialmente sensibles.

Sólo en zonas de reducida extensión no accesibles a equipos mecánicos, el Director de la obra podrá autorizar la distribución manual. Para ello, se utilizarán sacos de cemento que se colocarán sobre el firme formando una cuadrícula de lados aproximadamente iguales, de acuerdo con la dosificación aprobada. Una vez abiertos los sacos, su contenido será distribuido rápida y uniformemente mediante rastrillos manuales o rastras de púas remolcadas.

No se distribuirá el cemento si hay encharcamientos superficiales.

21.5.7 Ejecución de la mezcla y extensión

Si el Director de la obra hubiera aprobado la extensión del cemento en seco, después de la distribución del cemento deberá procederse lo más rápido posible, y siempre antes de haber transcurrido media hora, a su mezcla con la capa que se vaya a reutilizar.

El equipo de reutilización deberá contar con los dispositivos necesarios para asegurar una mezcla homogénea en toda la anchura y espesor o profundidad del tratamiento, lo que se reconocerá visualmente. Si se detectaran segregaciones, partículas mal mezcladas, diferencias de contenido de cemento o de agua o cualquier otra heterogeneidad en las zonas del firme reutilizado, deberá detenerse el proceso y realizar las oportunas correcciones hasta solucionar favorablemente las deficiencias, a juicio del Director de la obra.

Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar la ejecución de la reutilización en zonas en las que la superficie del firme presente encharcamientos, deteniendo el proceso a juicio del Director de la obra cuando se observe tal circunstancia.

Salvo cuando el Proyecto disponga otra solución, la reutilización con cemento de capas del firme se realizará por carriles, en todo su ancho. Para ello se utilizará una única máquina de la anchura necesaria o, en su defecto, dos equipos en paralelo de forma que no se produzcan juntas longitudinales en el interior del carril. Cuando se trabaje con dos equipos de reutilización en paralelo, el solape entre las zonas reutilizadas estará comprendido entre quince (15) y treinta centímetros (30 cm) para no dejar materiales sin mezclar en sus bordes, debiendo adoptarse las precauciones necesarias para evitar que se produzcan sobredosificaciones de cemento o de agua en los solapes. Además, el desfase entre las dos máquinas será el menor posible de modo que, compactando a toda su anchura, no se produzcan juntas longitudinales en el interior del carril.

Cuando la anchura total a reutilizar fuera de dos o más carriles, la reutilización de los carriles adjuntos se solapará en una anchura comprendida entre quince (15) y treinta centímetros (30 cm) para no dejar materiales sin mezclar en sus bordes disponiendo la junta lo más próxima posible a los límites de los carriles y, en ningún caso, en la zona de rodada del tráfico.

Únicamente en carreteras de categoría de tráfico pesado T3 y T4 se permitirá realizar la reutilización por franjas paralelas, adoptándose las mismas precauciones que para la reutilización con dos máquinas en paralelo.

La anchura de las franjas longitudinales de extensión será la mayor posible con la maquinaria disponible, y se fijará de manera que se realice el menor número de solapes posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento y seguridad de la circulación viaria y las características del equipo empleado. Su longitud se fijará de manera que todas las paradas debidas a la carga del cemento, se realicen con toda la sección transversal reutilizada para no dar lugar a la formación de una junta longitudinal.

La ejecución por franjas se deberá planificar adecuadamente para permitir el paso alternativo del tráfico, si fuera necesario, dando la máxima relevancia a las condiciones de seguridad de la circulación viaria y del personal de las obras.

Se delimitarán cuidadosamente los arcenes o zonas adyacentes a la calzada a fin de evitar que los materiales de aquéllos se mezclen con los de ésta durante el proceso de ejecución de la reutilización.

La operación de extensión se detendrá si se observa que se produce segregación o contaminación o defectos en la regularidad superficial, y se procederá a efectuar las correcciones necesarias para impedirlo.

Donde resultase imposible el empleo del equipo de reutilización aprobado y haya de procederse a la utilización de otro distinto, se emplearán equipos de extensión y compactación aprobados por el Director de la obra que proporcionen un producto acabado con unas características similares a las del resto de la unidad de obra.

21.5.8 Precompactación

Tras el fresado, mezcla y extensión, se debe realizar una primera compactación que afecte al fondo de la capa y que alcance una densidad de al menos el 90 % de la densidad de referencia establecida en el tramo de prueba.

21.5.9 Prefisuración. Ejecución de juntas en fresco

Antes de iniciarse la compactación final de la capa extendida, se procederá a la realización de juntas en fresco, de acuerdo con las prescripciones especificadas en el artículo 513 del PG-3.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obra, establecerá la distancia a la que deben realizarse las juntas en fresco dependiendo de la categoría de tráfico pesado, de la zona climática, del espesor y de la tipología de las capas que se dispongan por encima. Salvo justificación en contrario, la separación entre juntas transversales estará comprendida entre tres metros y tres metros y medio (3 m y 3,5 m).

En caso de que se reutilice a todo el ancho de la sección y no por carriles, las juntas transversales de carriles adyacentes deberán estar alineadas y, además, se realizarán juntas en fresco

longitudinales con una distancia máxima entre ellas de cinco metros (5 m) que se situarán, preferentemente, en los bordes del carril y sin que puedan quedar situadas bajo las bandas de rodadura de los vehículos.

21.5.10 Refino

Tras la prefisuración, se procede, si fuera necesario, a la nivelación de la capa eliminando el material sobrante mediante motoniveladoras, u otros equipos aprobados por el Director de la obra, dotadas de equipos auxiliares de nivelación de precisión suficiente.

Se eliminarán los excesos laterales sin la compactación adecuada, excepto si forman parte del talud exterior de la plataforma, que se tratará según lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto por el Director de la obra.

Se eliminará el exceso de material reutilizado que tras el refino pueda presentar una desecación excesiva, pudiendo dar lugar a una segregación superficial.

21.5.11 Compactación

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de la obra, de acuerdo con los resultados del tramo de prueba.

En general, en cada tramo de trabajo, se realizará una precompactación inmediatamente después de la extensión, según lo indicado en 21.5.5. A continuación, se procederá, en su caso, a la ejecución de las juntas en fresco y el refino, tras lo cual se completará y finalizará la compactación hasta alcanzar la densidad especificada en el epígrafe 21.7.1. y, todo ello, dentro del plazo de trabajabilidad.

Ambas fases de la compactación se realizarán longitudinalmente, de manera continua y sistemática, iniciándose por el borde más bajo de la franja que se esté tratando continuándose hacia el más alto, solapándose las sucesivas pasadas. Si la extensión se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior. Si la extensión se realiza con dos máquinas en paralelo con un ligero desfase, se compactarán las dos franjas a la vez.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano al equipo de reutilización y los cambios de dirección y de sentido se realizarán sobre material ya compactado y con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. En todo momento, y especialmente en tiempo seco y caluroso o con fuerte viento, deberá mantenerse húmeda la superficie mediante un riego con agua finamente pulverizada.

La compactación se iniciará longitudinalmente por el borde más bajo de la franja que se esté tratando, y se continuará hacia su borde más alto, solapándose las sucesivas pasadas. Durante la compactación se dispondrá de un equipo capaz de extender agua en forma de neblina sobre la superficie del firme reutilizado, a fin de evitar que se produzcan desecaciones.

En una sección transversal cualquiera, la compactación de una franja deberá quedar terminada antes de que haya transcurrido el plazo de trabajabilidad de la adyacente ejecutada previamente.

Una vez terminada la compactación de la capa, no se permitirá su recrecimiento. Sin embargo, y siempre dentro del periodo de trabajabilidad de la mezcla, el Director de la obra podrá autorizar un reperfilado de las zonas que rebasen la superficie teórica, recompactando posteriormente la zona corregida.

Las zonas que, por su reducida extensión, pendiente o proximidad a obras de paso o de desagüe, muros o estructuras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando, se compactarán con medios adecuados, de forma que las densidades que se alcancen no resulten inferiores, en ningún caso, a las exigidas.

21.5.12 Ejecución de juntas por serrado

La ejecución de los trabajos se realizará en toda la anchura completa del carril de modo que no se produzcan juntas longitudinales en el interior de la zona reutilizada, y únicamente sea necesaria una junta final al acabar la jornada de trabajo. Para ello se utilizará una sola máquina de la anchura necesaria o bien dos trabajando en paralelo con el mínimo desfase posible, de modo que después de haber ejecutado una franja, se realice la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre en condiciones de ser compactado y siempre dentro del plazo de trabajabilidad.

Las juntas longitudinales entre la zona reutilizada y el firme existente deberán situarse en los bordes del carril o, eventualmente, en su centro, pero nunca en las franjas de rodadura (rodadas) de paso del tráfico.

Para el caso de que se haya autorizado el trabajo por franjas, después de haber extendido y compactado una franja, se realizará la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre dentro del plazo de trabajabilidad de la mezcla y en condiciones de ser compactado. En caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

Las juntas transversales de trabajo se efectuarán fresando el material de una zona ya tratada en la longitud suficiente, en general no menos de un diámetro del rotor-fresador, bajando hasta la profundidad especificada sin avanzar, para que pueda regularse con precisión la incorporación del cemento en la zona no tratada.

Se dispondrán juntas transversales de trabajo cuando el proceso constructivo se interrumpiera un tiempo superior al periodo de trabajabilidad de la mezcla, y siempre al final de cada jornada. Las juntas transversales de trabajo se ejecutarán fresando el material de una zona ya tratada en longitud suficiente, en general no inferior al diámetro del rotor de fresado sin avanzar para que pueda regularse con precisión la incorporación del cemento y el agua en la zona no tratada.

21.5.13 Curado y protección superficial

Una vez terminada la capa, y en cualquier caso siempre antes de que transcurran tres horas (3 h) desde la finalización de la compactación, se procederá a la aplicación de un riego de curado con una emulsión bituminosa, del tipo y en la cantidad que figure en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, señale el Director de la obra de acuerdo con lo indicado en el artículo 532 del PG 3. Su extensión se efectuará de manera uniforme en toda la superficie

expuesta (incluidos los bordes), la cual se deberá mantener en estado húmedo hasta la aplicación del riego.

Se prohibirá la circulación de todo tipo de vehículos sobre las capas recién ejecutadas, durante el tiempo necesario para que se produzca el fraguado del cemento en la mezcla reutilizada y se alcancen las características resistentes deseadas. El Director de la obra podrá autorizar el paso de tráfico siempre que la mezcla resultante presente un índice de carga inmediato (norma UNE-EN 13286-47) superior a cincuenta ($IBI > 50$).

Inmediatamente después de la aplicación del riego de curado, y salvo que la carretera vaya a permanecer cerrada a todo tipo de tráfico hasta la extensión de la capa superior de mezcla bituminosa, se procederá a la extensión de un árido de cobertura que cumplirá lo especificado en el artículo 532 del PG-3. Tras su extensión se procederá al apisonado con un compactador de neumáticos y, previamente a la apertura al tráfico, se barrerá para eliminar el árido sobrante cuidando de no dañar el riego.

No se podrá circular sobre el riego de protección hasta que no se produzca la rotura de la emulsión de curado y esté asegurada su integridad bajo el tráfico.

Antes de proceder a la extensión de las capas superiores de mezclas bituminosas, se deberá comprobar que se han formado las juntas prefisuradas descritas en el Proyecto para lo que se extraerán testigos. En caso contrario se procederá a su ejecución mediante serrado, a una distancia no superior a la indicada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto, por el Director de la obra de forma que no queden a menos de dos metros y medio (2,5 m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar.

21.6 TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la reutilización *in situ* con cemento será preceptiva la realización de un tramo de prueba en cada tramo homogéneo, según lo establecido en este artículo, con el espesor prescritos y empleando los mismos medios que vayan a utilizarse para la ejecución de las obras. Se comprobará el correcto funcionamiento de los equipos previstos (especialmente, la forma de actuación de los de compactación y prefisuración).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obra, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será inferior a cien metros (100 m). Los tramos de prueba se realizarán con, al menos, diez días (10 d) de anticipación al inicio de cada tramo homogéneo siendo preferible, siempre que fuera posible, su ejecución con un mes de anticipación al inicio de las obras. El Director de la obra determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

Al comienzo de cada tramo de prueba homogéneo:

- Se comprobará la profundidad de fresado con los equipos de obra.
- Se ajustará la velocidad de avance del equipo para obtener la profundidad de fresado y una mezcla uniforme y homogénea.
- Se determinará la granulometría del material fresado que se vaya a reutilizar.

- Se determinará la humedad y densidad *in situ* introduciendo el vástago de la sonda nuclear, según UNE 103900, hasta el fondo de las capas a reutilizar. El mínimo número de densidades *in situ* realizadas con la sonda nuclear será de quince (15).

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

- Correlación, en su caso, de los métodos de control de la dosificación de cemento establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y otros métodos rápidos de control.
- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la densidad y la humedad *in situ* establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control.
- Se comprobará en la mezcla la precisión de los sistemas de dosificación del cemento y del agua y, en su caso, de los aditivos.
- Se evaluará el esponjamiento de la capa reutilizada, por diferencia de espesor antes del fresado y después de la compactación, al objeto de garantizar el espesor mínimo de reutilización necesario.
- Se establecerán las relaciones entre humedad y densidad alcanzada, así como entre ésta última y el orden y número de pasadas de los compactadores.
- Se ajustarán los contenidos de cemento a la densidad máxima alcanzada empleando la relación obtenida en laboratorio.
- Se comprobará que las resistencias a compresión simple a siete días (7d) de las probetas son iguales o mayores a las obtenidas en los ensayos previos realizados en el Laboratorio con probetas realizadas con la densidad obtenida en el tramo de prueba.

A la vista de los resultados obtenidos el Director de la obra definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo, pudiéndose iniciar la reutilización o bien si debe proponer al Contratista las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación y en los sistemas de extensión, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, aprobará su forma específica de actuación. En el segundo, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar otros adicionales a los existentes

Los resultados obtenidos en el tramo de prueba definitivo servirán para fijar la fórmula de trabajo y los valores de referencia para los ensayos de control de calidad. Se fijará como densidad de referencia la alcanzada en el tramo de prueba con los equipos propuestos (una vez aceptados) y el plan de compactación empleado. La densidad de referencia no podrá ser inferior, en ningún caso, al noventa y cinco por ciento ($\geq 95\%$) de la densidad máxima del Proctor Modificado obtenida en laboratorio. El contenido de cemento de la fórmula de trabajo no podrá ser inferior al que proporcione la resistencia a compresión exigida en 21.3 cuando la densidad alcanzada sea la mínima prevista en 21.7.1

Siempre que sea posible, antes de transcurridos veintiséis días (26 d) de su puesta en obra y previamente a la ejecución de la siguiente capa se extraerán del tramo aceptado seis (6) testigos cilíndricos enteros, según la UNE 83302. Dichos testigos estarán situados en emplazamientos aleatorios que disten entre sí un mínimo de siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y separados más de cincuenta centímetros (50 cm) de cualquier grieta de retracción, junta

transversal o borde visibles. Estos testigos se ensayarán a compresión simple, según la norma UNE-EN 13286-41, después de haber sido conservados durante cuarenta y ocho horas (48 h) al aire en ambiente de laboratorio, en las condiciones establecidas en la UNE 83302. El valor medio de los resultados de estos ensayos servirá de base para su comparación con los obtenidos en los ensayos de información a los que se refiere el apartado 21.10.

21.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

21.7.1 Densidad

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la densidad mínima de la capa tras la compactación, expresada como porcentaje de la densidad de referencia definida en la fórmula de trabajo, la cual no será inferior al noventa y siete por ciento ($\geq 97\%$).

21.7.2 Resistencia mecánica

La resistencia a compresión simple a siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41) deberá ser superior a la resistencia especificada en el apartado 21.3.

21.7.3 Terminación, rasante, anchura y espesor

La superficie de la capa terminada presentará una textura uniforme, exenta de segregaciones y de ondulaciones y con las pendientes adecuadas. La rasante no superará a la teórica en ningún punto, ni quedará por debajo de ella en más de veinte milímetros (20 mm).

En perfiles transversales cada veinte metros (20 m) se comprobará la anchura de la capa reutilizada, que en ningún caso será inferior ni superará en más de diez centímetros (≤ 10 cm) a la establecida en los planos del Proyecto.

El espesor de la capa reutilizada no deberá ser inferior en ningún punto al previsto en los planos de secciones tipo del Proyecto.

21.7.4 Regularidad superficial

El índice de regularidad internacional (IRI) (norma NLT-330) de la capa terminada cumplirá los valores indicados en la tabla 21.4.

TABLA 21.4- ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL

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

21.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa del Director de la obra, no se permitirá la ejecución de la reutilización in situ con cemento, cuando:

- La temperatura ambiente a la sombra sea superior a los treinta y cinco grados Celsius ($> 35^{\circ}\text{C}$).
- La temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius ($< 5^{\circ}\text{C}$).
- El Director de la obra podrá variar este límite, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.
- Se produzcan precipitaciones atmosféricas constantes o precipitaciones ocasionales con una intensidad significativa, a juicio del Director de la obra.

En los casos en los que se autorice la extensión del cemento en seco, su distribución deberá interrumpirse cuando, a juicio del Director de la obra, la fuerza del viento sea excesiva. Se tendrán siempre en cuenta las medidas necesarias para el cumplimiento de la legislación que, en materia ambiental y de seguridad y salud, estuviese vigente y respetando las limitaciones indicadas en el apartado 21.5.6.

21.9 CONTROL DE CALIDAD

21.9.1 Consideraciones generales

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

La realización de los ensayos in situ y la toma de muestras se realizará en puntos previamente seleccionados mediante muestreo aleatorio, tanto en sentido longitudinal como transversal, de tal forma que haya al menos una (1) toma o un (1) ensayo por cada hectómetro (hm).

21.9.2 Control de procedencia de los materiales

21.9.2.1 Cemento

El cemento cumplirá las especificaciones establecidas en el artículo 202 del PG-3.

21.9.2.2 Árido de aportación

El árido de aportación cumplirá lo indicado en el apartado 21.2.4.

Si el árido disponen de marcado CE, según el anejo ZA de la norma UNE-EN 13242, se comprobará que los valores declarados en el documento de marcado permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en este Pliego. En cualquier otro caso, de cada procedencia del árido y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se realizarán los siguientes ensayos, según corresponda:

- Granulometría, según la UNE-EN 933-1.

- Equivalente de arena, según UNE-EN 933-8 y, en su caso, azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE-EN ISO 17892-12.
- Contenido de materia orgánica, según la UNE 103204.
- Contenido de compuestos de azufre, según la UNE-EN 1744-1.
- Índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
- Coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.

21.9.3 Control de ejecución

21.9.3.1 Dosificación del cemento

En cada camión de suministro se controlará el consumo efectivo de cemento que se contrastará con la información proporcionada por el equipo para el control del volumen de lecha incorporado, de forma que se asegure una correcta dotación media.

Se controlará el funcionamiento de las boquillas de inyección de lechada al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde) y, en cualquier caso, antes del inicio de los trabajos, y se contrastará con el consumo efectivo.

Cuando se autorice que el cemento se extienda en seco sobre el firme a reutilizar, su dotación se comprobará mediante una bandeja de superficie y masa conocidas, que se colocará antes de la extensión del material y se pesará con posterioridad. En cualquier caso, se controlará la dotación de cemento mediante cualquier otra manera determinada por el Director de la Obra. Dicho control se realizará al menos una vez por la mañana y otra por la tarde, debiendo incrementarse su frecuencia en días de viento.

21.9.3.2. Fresado y mezcla reutilizada

Por cada lote definido en el epígrafe 21.9.4, y al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde), se determinará el contenido de humedad de la mezcla (norma UNE-EN ISO 17892-1) y se tomará muestra del material a la salida de la máquina de reutilización para la fabricación de dos (2) series de tres (3) probetas cada una de ellas, de acuerdo con la norma UNE-EN 13286-51, con la densidad mínima exigida en obra.

Dichas probetas se conservarán en las condiciones previstas en la norma UNE-EN 12504-1, y se ensayarán a compresión simple, de acuerdo con la norma UNE-EN 13286-41, para la determinación de la resistencia a compresión a siete días (7 d).

Tanto el número de series como el de probetas por serie podrán ser incrementados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o bien por el Director de la obra, si así lo aconsejase el desarrollo de las obras.

La adición de agua o de lechada se controlará con el caudalímetro de la máquina de reutilización, que dispondrá de un sistema automático de registro, de forma que se obtenga en cada tramo la humedad especificada.

Se comprobará con la frecuencia necesaria, a juicio del Director de la obra, y al menos dos (2) veces al día:

- Que la profundidad y anchura de reutilización, y la velocidad del rotor y de avance del equipo son las adecuadas y aprobadas de acuerdo con el apartado 21.6.
- El aspecto de la mezcla reutilizada, especialmente la dispersión homogénea de la lechada de cemento, y la ausencia de grumos y segregaciones.
- La profundidad reutilizada, mediante la extracción de testigos o, en caso de no ser posible, mediante la apertura de calicatas realizadas detrás del equipo y antes de la compactación, teniendo en cuenta la reducción de espesor que experimentará el material al ser compactado, o mediante cualquier otro procedimiento, como el punzón graduado, aprobado por el Director de la obra.

Si la reutilización se realiza con dos equipos trabajando en paralelo, los controles especificados en este epígrafe se efectuarán para cada uno de ellos.

21.9.3.3. Compactación

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

- Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación y limpieza.
- El lastre y masa total de los compactadores y, en su caso, la presión de inflado de las ruedas de los compactadores de neumáticos.
- La frecuencia y la amplitud de los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas totales de cada compactador antes y después de la prefisuración y, en su caso, del refino.

En cada una de las franjas de reutilización se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de siete (7) por cada lote de los definidos posteriormente en el epígrafe 21.9.4. En caso de que las densidades obtenidas fuesen inferiores a las especificadas se proseguirá el proceso de compactación hasta alcanzar los valores prescritos

Resulta recomendable el uso del equipo nuclear u otros métodos rápidos de control, que habrán sido convenientemente contrastados en la realización del tramo de prueba. La medición de la densidad por el método nuclear se llevará a cabo según la norma UNE-EN ISO 17892-1.

21.9.3.4. Curado y protección superficial

Se vigilará que la superficie de la capa permanezca constantemente húmeda hasta la aplicación del riego de curado, pero sin que se produzcan encharcamientos.

Se controlará diariamente la dotación de emulsión bituminosa empleada en el riego de curado y, en su caso, del árido de cobertura, de acuerdo con lo especificado en el artículo 532 del PG-3.

21.9.4 Control de recepción de la unidad terminada

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

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor, la densidad y, en su caso, la resistencia de la capa, se comprobarán mediante la extracción de testigos cilíndricos por lote (UNE-EN 12504-1) en emplazamientos aleatorios, que deberán presentar un aspecto homogéneo y compacto en todo su espesor, no admitiéndose aquellos que presenten coqueas, resulten disgregados, rotos o troceados durante su extracción. El número de testigos por lote será de tres (3), aumentándose hasta un máximo de cinco (5), en caso de detección de anomalías en cualquiera de los controles anteriores, a criterio del Director de la obra. Las cavidades producidas por la extracción de testigos se rellenarán con material de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, y será correctamente compactado y enrasado.

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 mismos. Se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta antes de proceder al riego de curado un aspecto uniforme, así como ausencia de segregación. Se verificará que la anchura de la capa reutilizada cumple lo establecido en el epígrafe 21.7.3.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará en tramos de mil metros (1.000 m) de longitud y antes de la extensión de la siguiente capa, mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI) (norma NLT-330) calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro (hm) del perfil auscultado y así sucesivamente hasta completar el tramo medido, que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 21.7.4.

21.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos anteriormente en el epígrafe 21.9.4, según lo indicado a continuación:

21.10.1 Densidad

Por cada lote, la densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el epígrafe 21.7.1. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si el valor medio es superior o igual al noventa y cinco por ciento ($\geq 95\%$) de la densidad especificada, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de material reutilizado correspondiente al lote controlado.
- Si es inferior al noventa y cinco por ciento ($< 95\%$) de la densidad especificada, y siempre a cuenta del Contratista, se reutilizará de nuevo el tramo previa aceptación del Director de la obra, o, bien, se demolerá la capa de material reutilizado correspondiente al lote

controlado y se repondrá con un material aceptado por el Director de la obra. En este caso, el producto resultante de la demolición se tratará según la legislación ambiental vigente.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un (1) individuo de la muestra ensayada del lote presente un valor inferior al prescrito en más de cuatro (4) puntos porcentuales. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada una de ellas, aplicándose para cada uno los criterios descritos en este epígrafe.

21.10.2 Resistencia mecánica

La resistencia media de un lote a siete días (7 d) se calculará como media de las resistencias de las probetas fabricadas de acuerdo con lo indicado en este Pliego. Si fuera superior a la mínima de la referenciada en el apartado 21.3, se aceptará el lote. En caso contrario, se procederá de la siguiente manera:

- Si la resistencia media fuera inferior a la mínima exigida pero no a su noventa por ciento (90%), el Contratista podrá optar entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o solicitar la realización de ensayos de información.
- Si la resistencia media es inferior al noventa por ciento (< 90%) de la mínima exigida, el Contratista podrá optar entre reutilizar de nuevo el tramo o la realización de ensayos de información.

Los ensayos de información para la evaluación de la resistencia mecánica del lote no conforme se realizarán, en su caso, comparando los resultados de ensayos a compresión simple de testigos (UNE-EN 12504-1) extraídos de ese lote con los obtenidos en el tramo de prueba, según lo indicado en el apartado 21.6. Cuando no se disponga de los ensayos correspondientes del tramo de prueba, la comparación se realizará con los valores obtenidos de testigos de otro tramo aceptado, pertenecientes ambos al mismo tramo homogéneo y extraídos en ambos los testigos con la misma edad. En caso de que esto no fuese posible, el Director de la obra podrá autorizar que los testigos de referencia se extraigan de un lote aceptado cuya situación, condiciones de ejecución y características lo hicieran comparable a aquél que vaya a ser sometido a ensayos de información.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obra, fijará el número de testigos a extraer en cada uno de los lotes (aceptado y no conforme), que en ningún caso deberá ser inferior a cuatro (4). La edad de rotura de los testigos, que será la misma para ambos lotes, será fijada por el Director de la obra.

El valor medio de los resultados de los testigos del lote no conforme se comparará con el de los extraídos en el tramo de prueba o, en su caso, el tramo aceptado y, si aquel es igual o superior, se aceptará el lote investigado. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si fuera inferior a él, pero no inferior a al noventa por ciento ($\geq 90\%$), se aplicarán al lote las sanciones económicas previstas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Si es inferior al noventa por ciento (< 90%), se demolerá el lote y se repondrá con un nuevo material aceptado por el Director de la Obra o bien se reutilizará de nuevo el tramo, en cualquier caso por cuenta del Contratista, según criterio del Director de la Obra. En su

caso, el producto resultante de la demolición se tratará según la legislación ambiental vigente, a cargo del Contratista

Las sanciones a las que se hace referencia en este epígrafe no podrán ser inferiores a la aplicación de una penalización al precio unitario del lote, cuya cuantía será igual a dos (2) veces la merma de resistencia, expresadas ambas en porcentaje.

21.10.3 Espesor

El espesor medio obtenido no será inferior al especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los planos del Proyecto. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa por ciento ($\geq 90\%$) del especificado, se compensará la diferencia con un espesor adicional equivalente de la capa superior aplicado en toda la anchura de la sección tipo por cuenta del Contratista, que se construirá conjuntamente en una única capa. No se permitirá en ningún caso el recrecimiento en capa delgada con ningún tipo de material.
- Si es inferior al noventa por ciento ($< 90\%$) del especificado, se demolerá la capa correspondiente al lote controlado y se repondrá con un material aceptado por el Director de la obra, con cargo al Contratista. El producto resultante de la demolición se tratará según la legislación ambiental vigente o se reutilizará de nuevo, a criterio del Director de la obra, por cuenta del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un (1) individuo de la muestra ensayada del lote presente resultados inferiores al especificado en más de un diez por ciento ($> 10\%$). De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada una de ellas, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

21.10.4 Rasante

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas, ni existirán zonas que retengan agua. Si se rebasaran dichas tolerancias, se procederá de siguiente manera:

- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el Director de la obra podrá aceptar la rasante siempre que no signifique una reducción del espesor adicional necesario de la capa superior, en toda la anchura de la sección tipo y por cuenta del Contratista, de acuerdo con lo especificado en el epígrafe anterior.
- Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, se corregirá mediante fresado por cuenta del Contratista, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los planos del Proyecto. El producto resultante será tratado según la legislación ambiental.

21.10.5 Regularidad superficial

Los resultados de la medida de la regularidad superficial de la capa acabada no excederán de los límites establecidos en el epígrafe 21.7.4. Si se sobrepasaran dichos límites, se procederá de siguiente manera:

- Si es inferior al diez por ciento ($< 10\%$) de la longitud del tramo controlado se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) o la incluida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.
- Si es igual o superior al diez por ciento ($\geq 10\%$) de la longitud del tramo controlado se corregirán los defectos mediante fresado por cuenta del Contratista, teniendo en cuenta todo lo especificado en los epígrafes 21.10.3. y 21.10.4.

21.11. MEDICIÓN Y ABONO

El cemento se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, obtenidas multiplicando la medición abonable de material reutilizado por la dosificación media deducida de los ensayos de control de cada lote.

La ejecución de la reutilización in situ con cemento se abonará por metros cúbicos (m^3) de material reutilizado, los cuales se obtendrán como producto de la superficie reutilizada, obtenida multiplicando las anchuras de las secciones tipo señaladas en los Planos por la longitud realmente ejecutada y por el espesor medio de reutilización deducido de los ensayos de control.

En dicho abono se considerará incluida la disgregación por fresado de las capas del firme existente, la mezcla y homogeneización del material fresado, el agua de amasado y, en su caso, los aditivos, la extensión, la prefisuración, la compactación y la terminación de la mezcla reutilizada.

El árido de aportación, en su caso, en su caso, se abonará por toneladas (t), obtenidas aplicando a la medición abonable de ejecución de la reutilización la dosificación de la fórmula de trabajo para ese tramo.

No se tendrá derecho a un incremento de abono por las zonas solapadas o las superficies que por sus defectos haya sido necesario reutilizar en más de una pasada. Tampoco serán de abono las creces laterales, ni la limpieza de la superficie existente.

La aplicación del ligante bituminoso para el riego de curado se abonará por toneladas

(t) realmente empleadas en obra, medidas antes de su empleo. El árido de protección superficial, incluidas su extensión y su apisonado, se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra.

REUTILIZACIÓN EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN CENTRAL DE CAPAS BITUMINOSAS

22.1 DEFINICIÓN

Se define como material bituminoso a reutilizar o asfalto recuperado (RA), el procedente de la disgregación de capas de mezclas bituminosas (rodadura, intermedia o base), obtenido mediante fresado o demolición, eventual trituración y posterior tratamiento y clasificación. Este material debe estar compuesto por áridos de buena calidad cubiertos por betún asfáltico envejecido.

Se define como reutilización en central de capas bituminosas la técnica de fabricación de mezclas bituminosas consistente en la utilización del RA con la aportación de un betún asfáltico, áridos, polvo mineral, y eventualmente, aditivos, con los que se obtiene una mezcla bituminosa (caliente o semicaliente) de las especificadas en los artículos 542, 543 y 544 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

Cuando el RA a emplear en las mezclas bituminosas no provenga de un gestor autorizado sino de la propia obra, la fabricación de una mezcla bituminosa reutilizada en central incluye las siguientes operaciones previas a las especificadas en los mencionados artículos del PG-3:

- Acopio del asfalto retirado procedente de firmes o pavimentos bituminosos envejecidos.
- Tratamiento del asfalto retirado mediante su eventual trituración, eliminación de elementos metálicos contaminantes y clasificación por capas, tamaño, aplicación, etc.
- Caracterización y acopio del asfalto tratado.

En todos los casos, antes de su empleo se procederá al estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo, con la adaptación de todos los materiales de aportación (áridos, ligante, etc.) a las características del árido y ligante procedentes del RA.

Todos los aspectos relativos a la puesta en obra y control de calidad de estos materiales se llevarán a cabo de conformidad con lo indicado en los artículos 542, 543 y 544 del PG-3, según corresponda a la mezcla bituminosa a fabricar.

22.2 TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS REUTILIZADAS

22.2.1 En función de la temperatura

En función de la temperatura necesaria para su fabricación y puesta en obra, las mezclas bituminosas reutilizadas en central se clasifican en calientes y semicalientes, tal y como están definidas en el artículo 545 aprobado mediante la O.C. 3/2022. En estas últimas, el empleo de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos, hace posible que la temperatura máxima a la salida del mezclador no sea superior a ciento cuarenta grados Celsius (≤ 140 °C).

22.2.2 En función de la proporción en masa de RA

Las mezclas bituminosas reutilizadas en central se clasifican en función de la proporción de RA en la masa total de la mezcla, de acuerdo con lo indicado en la tabla 22.1.

TABLA 22.1 CLASIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS REUTILIZADAS

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

Para la ejecución de mezclas bituminosas reutilizadas del tipo 3, será preceptiva la autorización expresa de la Dirección General de Carreteras. Se realizará en el Proyecto un estudio técnico particularizado del RA, y de la central de fabricación y sus instalaciones específicas. La central de fabricación de la mezcla reutilizada y sus características, así como las de las instalaciones específicas adicionales que sean necesarias, se definirán explícitamente y quedarán establecidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

22.3 REUTILIZACIÓN DEL ASFALTO RECUPERADO

Todos los materiales recuperados de mezclas bituminosas podrán ser susceptibles de ser reutilizados, incluidos los excedentes de fabricación de cualquier tipo de mezcla bituminosa que, sin presentar problemas de calidad en cuanto a sus componentes y envuelta, no hayan sido colocados en obra (material sobrante, rechazado en la extensión por baja temperatura, etc.), con las excepciones que se indican a continuación.

No podrán ser reutilizados con las técnicas especificadas en este artículo aquellos materiales que procedan de pavimentos con deformaciones plásticas, o que contengan o se encuentren contaminados por sustancias potencialmente peligrosas. Tampoco lo podrán ser aquellos materiales bituminosos que presenten en su composición sustancias procedentes de la destilación de productos carbonosos tipo alquitrán, asbesto-amianto, ni ningún otro que esté clasificado como peligroso, o que no cumpla la legislación ambiental y de seguridad y salud vigente.

Las mezclas bituminosas reutilizadas en central podrán utilizarse en capas de base, intermedias o de rodadura de los artículos 542, 543 y 544, con la limitación de las mezclas correspondientes a los artículos 543 y 544 del PG-3, en las que el contenido máximo de RA será del quince por ciento (RA ≤ 15 % en masa de la mezcla final).

22.4 MATERIALES

22.4.1 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 estos 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 son conformes con las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en el presente artículo, 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.

22.4.2 Ligante hidrocarbonado de aportación

El ligante de aportación será seleccionado en función de la proporción de RA en la mezcla final y de la proporción y características del ligante contenido en el RA, de forma que al combinarse con este se obtenga un ligante con características similares a las de los indicados en los artículos 542, 543 y 544 del PG-3, en función de la capa de firme a la que se destine la mezcla bituminosa reutilizada, de la zona térmica estival en que se encuentre y de la categoría de tráfico pesado.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de ligante hidrocarbonado de aportación que emplear de acuerdo con los artículos 211 o 212 del PG-3 o, en su caso, con la reglamentación específica vigente de la Dirección General de Carreteras relativa a betunes con incorporación de polvo de caucho procedente del tratamiento de neumáticos al final de su vida útil (NFVU), debiendo este cumplir las especificaciones de los correspondientes artículos del PG-3 o de dicha reglamentación específica. Solamente se podrán utilizar betunes asfálticos duros en el caso de MAM en mezclas bituminosas reutilizadas del tipo 0 y 1.

En las mezclas bituminosas reutilizadas, se realizará un estudio tanto del ligante envejecido procedente del RA como del ligante final, obtenidos según la UNE-EN 12697-3 en ambos casos. En este estudio se determinarán los valores de la penetración con aguja (norma UNE-EN 1426) y del punto de reblandecimiento (método del anillo y bola, norma UNE-EN 1427) de:

- El ligante contenido en el RA
- El ligante final resultante de la mezcla de este con el ligante de aportación, tanto sobre el ligante en fresco como tras el ensayo de envejecimiento a corto plazo (norma UNE-EN 12607-1).

Adicionalmente, en el caso de los betunes modificados y solamente sobre el ligante final fresco, la cohesión (fuerza-ductilidad, norma UNE-EN 13589) y la recuperación elástica a 25 °C (norma UNE-EN 13398), de forma que se compruebe que el ligante final obtenido presenta unas características similares a los ligantes especificados en los artículos 542, 543 y 544 del PG-3.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obra, podrá establecer el empleo de aditivos, tales como activantes o rejuvenecedores, que mejoren las características del ligante envejecido y del betún asfáltico resultante.

Cuando se utilicen aditivos rejuvenecedores y/o ablandadores para modificar la consistencia del ligante y/o cuando se trate de mezclas bituminosas reutilizadas del tipo 2 y 3, el Director de la obra, en el uso de sus atribuciones, podrá establecer la necesidad de realizar otro tipo de ensayos sobre el ligante final, en particular la determinación del módulo de rigidez a baja temperatura tras el envejecimiento a largo plazo (normas UNE-EN 12607-1, UNE-EN 14769 y UNE-EN 14771) comprobando que la temperatura a la que el módulo S alcanza los trescientos megapascales no es superior a menos quince grados Celsius ($T \leq -15$ °C para $S = 300$ MPa)

22.4.3 Áridos de aportación

Los áridos de aportación a emplear en las mezclas bituminosas reutilizadas en central deberán cumplir las correspondientes especificaciones recogidas en los artículos 542, 543 y 544 del PG-3, en cada caso.

22.4.4 Asfalto recuperado

El material bituminoso a reutilizar será asfalto recuperado. En ningún caso se empleará material bituminoso fresado, o de otros orígenes, sin el correspondiente tratamiento de clasificación y caracterización. El material bituminoso a reutilizar podrá llegar a la central de fabricación de dos tipos de procedencias:

- El RA podrá proceder de un gestor autorizado para el tratamiento de asfalto retirado que haya sido clasificado como residuo de código LER 17 03 02. En este caso, cada camión de RA que llegue a la central de fabricación irá acompañado de un albarán y un certificado de calidad.
- O bien, el material bituminoso a reutilizar podrá proceder del fresado de capas bituminosas de la propia obra. En este segundo caso, el contratista está obligado al tratamiento del asfalto retirado, mediante la eliminación de potenciales contaminantes, así como a su clasificación, machaqueo, en su caso, cribado y acopio diferencial, para su transformación en un RA de características adecuadas y homogéneas.

El RA a emplear en la fabricación de mezclas bituminosas de las contempladas en los artículos 543 y 544 del PG-3, únicamente podrá proceder del fresado selectivo de capas de rodadura de la misma naturaleza obtenido de carreteras con categoría de tráfico pesado T1 o superior.

En el caso de las mezclas bituminosas reutilizadas tipo AC del artículo 542 del PG-3, destinadas a ser empleadas en capa de rodadura, cuando la proporción de RA en la mezcla final fuera superior al veinte por ciento (20 %) sólo se podrá emplear el procedente del fresado selectivo de capas de rodadura de una categoría de tráfico pesado igual o superior a la carretera en que se fuera a emplear.

22 REUTILIZACIÓN EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN CENTRAL DE CAPAS BITUMINOSAS

En principio, y como se especifica en el apartado 22.3 de este artículo, todos los materiales procedentes de mezclas bituminosas en caliente pueden ser susceptibles de ser reutilizados, con las excepciones que allí se indican. Sobre los que contengan en su composición original adiciones modificadoras de la reología del ligante bituminoso o del comportamiento resistente de la mezcla bituminosa (fibras, plásticos, productos elastoméricos, etc.), se hará un estudio especial ante una eventual emisión de contaminantes a la atmósfera durante el proceso de fabricación de la nueva mezcla.

En todo caso, el RA que se incorpore al proceso de producción será homogéneo, no contendrá ningún tipo de elemento contaminante potencialmente peligroso, y estará totalmente caracterizado y referenciado.

La designación y caracterización del RA se harán, con carácter general, de acuerdo con lo establecido en la norma UNE-EN 13108-8 Asfalto recuperado. En concreto, la designación del RA se realizará mediante la combinación siguiente:

U	RA	d/D
---	----	-----

donde:

- U Tamaño máximo significativo (retenido máximo del 10%) de las partículas de asfalto recuperado expresado en milímetros
- RA Abreviatura de asfalto recuperado
- d Tamaño mínimo del árido extraído expresado en milímetros.
- D Tamaño máximo significativo (retenido máximo del 10%) del árido extraído expresado en milímetros

22.4.4.1 RA procedente de un gestor autorizado

Para cualquier volumen de RA suministrado, cada envío de RA a la planta de mezcla bituminosa irá acompañado de un albarán y un certificado del gestor autorizado.

El albarán contendrá explícitamente los siguientes datos:

- Nombre y dirección del suministrador.
- Número de licencia como gestor autorizado para residuos de código LER 17 03 02.
- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Cantidad que se suministra expresada en toneladas (t).
- Tipo de RA y designación comercial, si la hubiere.
- Nombre y dirección del comprador y destino.
- Referencia del pedido.

El certificado de calidad incluirá explícitamente la siguiente información:

- Designación del tipo de RA suministrado.

- Identificación del lote y de la frecuencia de ensayo, según la tabla 1 de la UNE-EN 13108-8, empleada en su caracterización.
- Descripción del origen del asfalto retirado empleado para la preparación del RA suministrado. En particular, los tipos de mezcla bituminosa, la(s) capa(s) del firme y, si fuera a emplearse en capa de rodadura, la(s) categorías de tráfico de la(s) carretera.
- Clase de materias extrañas según el apartado 4.1 de la UNE-EN 13108-8.
- Clase de tipo de ligante según el apartado 4.2 la UNE-EN 13108-8.
- Contenido de ligante envejecido según el apartado 4.4 de la UNE-EN 13108-8.
- Homogeneidad del lote según lo indicado en el apartado 22.4.4.3 de este artículo.
- Penetración del betún recuperado. UNE EN 1426 y UNE EN 12697-3.
- Temperatura de Anillo y Bola después de recuperación del betún. UNE EN 1427 y UNE EN 12697-3.
- Granulometría del fresado antes de la extracción del betún. UNE-EN 933-1.
- Granulometría del fresado después de la extracción del betún. UNE-EN 12697-2.
- Angulosidad de las partículas (en RA destinado a capas de rodadura) UNE-EN 933-3 y UNE-EN 933-5.
- Desgaste de los Ángeles de las partículas: UNE-EN 1097-2.
- Determinación del coeficiente de Pulimento Acelerado UNE-EN 1097-8 en caso de que el RA vaya a ser empleado en capa de rodadura.

El Director de la obra, en uso de sus atribuciones, podrá exigir la realización de ensayos de comprobación de las características mencionadas, así como la documentación que acredite la trazabilidad del origen del RA.

22.4.4.2 RA procedente del tratamiento de asfalto retirado de la propia obra

Cuando vaya a ser reutilizado, el asfalto retirado de la propia obra se transportará a la planta para su tratamiento provisto de una ficha de identificación de su origen. La ficha detallará los siguientes aspectos:

- Denominación de la carretera, punto kilométrico, sentido y carril en que se obtiene el asfalto retirado.
- Categoría de tráfico pesado de la carretera.
- Espesor de fresado, tipos de capas y tipos de mezclas bituminosas que se fresan.
- Indicación de si es un fresado selectivo de capa de rodadura.

El asfalto retirado se acopiará por orígenes, si es selectivo, y sobre el material acopiado se realizarán las operaciones descritas en el apartado 22.7.2 de forma que al final del proceso se obtengan, por cada origen, al menos dos fracciones diferenciadas por su granulometría. Salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especifique otro criterio, la fracción más gruesa tendrá un tamaño máximo significativo de veintidós milímetros (22 mm) y la fracción más fina tendrá un tamaño máximo significativo de, como máximo, ocho milímetros (≤ 8 mm)

Sobre las fracciones obtenidas se realizarán ensayos de caracterización según se detalla en el apartado 22.7.2. El Director de la obra, a la vista de los resultados obtenidos autorizará explícitamente su empleo como RA.

22.4.4.3 Requisitos del asfalto recuperado.

El RA acopiado para su empleo en mezclas bituminosas, cumplirá los siguientes requisitos:

- Homogeneidad

Para la utilización de cualquier acopio de RA, la granulometría de los áridos tras la extracción del ligante, el contenido de éste y su penetración, deberán cumplir las tolerancias indicadas en la tabla 22.2, respecto a los valores medios obtenidos en los ensayos de caracterización del lote:

TABLA 22.2 TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DEL PROMEDIO DEL LOTE

CARACTERISTICA		NORMA	UNIDAD	TOLERANCIA
GRANULOMETRÍA A CERNIDO TAMICES (mm)	Tamices superiores a 2 mm	UNE-EN 12697-2	% sobre masa total material en seco	± 5
	Tamices de 2 a 0,125 mm			± 3
	0,063			± 1
CONTENIDO DE LIGANTE		UNE-EN 12697-1		± 0,5
PENETRACIÓN DEL LIGANTE RECUPERADO		UNE-EN 1426	%	± 10

- Materias extrañas

El RA estará exento de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición, y especialmente de aquellos que en la fabricación de la mezcla reutilizada pudieran producir merma en sus propiedades o contaminación.

La categoría exigida de contenido de materias extrañas, determinado según UNE EN 12697-42, será en todos los casos la F1 según se define en el apartado 4.1. de la UNE EN 13108-8.

- Ligante hidrocarbonado

El ligante hidrocarbonado envejecido procedente del RA, deberá ser susceptible de mezclarse homogéneamente con el de aportación y dar lugar a un producto de características similares a los betunes especificados en los artículos 211 y 212 del PG-3.

Las categorías a emplear serán, preferentemente, las P₁₅ o S₇₀ según se define en el apartado 4.2.2 de la UNE- EN 13108-8. También podrá emplearse RA con categoría P_{dec} y S_{dec}, en cuyo caso, deberán declararse los valores medios obtenidos de Penetración o Punto de Reblandecimiento respectivamente, según se indica en el mencionado apartado 4.2.2 de la UNE- EN 13108-8.

Las características de los ligantes por tipo de capa y tasa de reutilización se definen en la siguiente tabla:

TABLA 22.3 TIPOS DE LIGANTES POR TIPO DE CAPA Y TASA DE REUTILIZACIÓN

TIPO DE CAPA	TASA DE REUTILIZACIÓN	PENETRACIÓN	PUNTO DE REBLANDECIMIENTO
RODADURA AC	TIPO 0 y 1	$\geq 10 \cdot 10^{-1}$ mm	≤ 75 °C
RODADURA BBTM y SMA	TIPO 0	$\geq 10 \cdot 10^{-1}$ mm	≤ 75 °C
INTERMEDIA Y BASE	TIPO 0	$> 5 \cdot 10^{-1}$ mm	≤ 78 °C
INTERMEDIA Y BASE	TIPO 1	$> 7 \cdot 10^{-1}$ mm	≤ 75 °C
INTERMEDIA Y BASE	TIPO 2 Y 3	$\geq 10 \cdot 10^{-1}$ mm	≤ 75 °C

En capas de base e intermedia para mezclas de tipo 3 de las indicadas en la tabla 22.1 se realizará un estudio especial de las propiedades del ligante.

- Áridos

Se deberá declarar en la designación el tamaño máximo U de las partículas del RA y los tamaños máximo y mínimo d/D de los áridos contenidos en el RA.

Además, de cada lote se determinará la granulometría de los áridos contenidos en el RA por los tamices de 32, 22, 16, 8, 4, 2, 0,5 y 0,063 mm para la fracción más gruesa y los tamices de 11, 8, 4, 2, 0,5 y 0,063 mm para la fracción más fina. En el caso de emplear otras fracciones, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especificará los tamices de control.

Los áridos contenidos en el RA no presentarán signos de meteorización y tendrán las propiedades de angulosidad, forma, resistencia a la fragmentación, resistencia al pulimento y calidad similares a las exigidas a los áridos de aportación.

Se presumirá el cumplimiento de estas propiedades siempre que pueda establecerse la trazabilidad de su origen en mezclas con especificaciones de angulosidad, forma, resistencia a la fragmentación, resistencia al pulimento y calidad semejantes. En cualquier caso, y siempre que no sea posible establecer la trazabilidad, cuando el Director de la obra, en uso de sus facultades, lo considere oportuno, podrá exigir la realización de ensayos de caracterización de estas propiedades.

22.4.5 Aditivos

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

22.5 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

La designación y características de la mezcla bituminosa reutilizada en central serán fijadas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de entre las especificadas en el artículo 542, 543 y 544 del PG-3, con las complementarias indicadas a continuación en este apartado.

La denominación del tipo de mezcla bituminosa reutilizada en central, cualquiera que sea el tipo definido en la tabla 22.1, se compondrá añadiendo a la denominación del tipo de mezcla correspondiente de los artículos 542, 543 y 544 del PG-3 la letra "R" y dos dígitos que indiquen la proporción de RA empleado en la mezcla (por ejemplo: AC 22 base 50/70 G R30). Cuando la mezcla bituminosa reutilizada sea semicaliente, se añadirá esta palabra al final de la designación de la mezcla.

La dotación total de ligante hidrocarbonado (el de aportación más el procedente del RA), expresada en proporción en masa sobre el total de la mezcla, no será inferior en ningún caso al cuatro con dos por ciento ($\geq 4,2 \%$) en mezclas tipo AC de tipo semidenso y grueso para capas intermedias y de base, al cuatro con cinco por ciento ($\geq 4,5 \%$) en capas de rodadura drenantes, al cuatro con ocho por ciento en capas de rodadura tipo AC ($\geq 4,8 \%$) y al cinco por ciento ($\geq 5,0 \%$) en el resto de capas de rodadura.

Con excepción de las mezclas bituminosas reutilizadas del tipo 3, pues estas requieren un estudio especial, la dotación de ligante de aportación será como mínimo del cincuenta por ciento ($\geq 50 \%$) de la del total del ligante hidrocarbonado de la mezcla reutilizada, incluyendo en la dotación del ligante de aportación la correspondiente al eventual empleo de aditivos o ligantes rejuvenecedores.

En el caso de las mezclas bituminosas reutilizadas correspondientes a los artículos 543 del PG-3 y 544, recogido en la Orden Circular 03/2019, el único tipo admitido de mezcla bituminosa reutilizada será el 0 de la tabla 22.1. En el caso de las mezclas bituminosas del artículo 545, recogido en la orden Circular 03/2022, no se admitirá el empleo de RA alguno.

En el caso de las mezclas bituminosas reutilizadas de tipo AC densas y semidensas para su empleo en capa de rodadura, los únicos tipos admitidos serán el 0 y el 1 de la tabla 22.1.

En el caso de las mezclas bituminosas reutilizadas de alto módulo los tipos admitidos son el 0 y el 1 de la tabla 22.1. En este caso, adicionalmente a lo especificado para este tipo de mezclas en el artículo 542 del PG-3, se cumplirá que el valor del módulo dinámico a veinte grados Celsius ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) (Anexo C de la norma 12697-26) no será superior a catorce mil megapascuales ($\leq 14\ 000 \text{ MPa}$).

En el caso de las mezclas bituminosas reutilizadas de tipo AC densas, semidensas o gruesas, del tipo 2 o 3 de la tabla 22.1, adicionalmente a lo especificado para este tipo de mezclas en el artículo 542 del PG-3, se cumplirá que el valor del módulo dinámico a veinte grados Celsius ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) (Anexo C de la norma 12697-26) no será superior a ocho mil megapascuales ($\leq 8\ 000 \text{ MPa}$). Asimismo, el valor de la deformación a un millón de ciclos determinado en el ensayo de fatiga (Anejo D de la norma UNE-EN 12697-24) realizado a treinta hercios (30 Hz) y veinte grados Celsius ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) no será inferior a cien microdeformaciones ($\epsilon_6 \geq 100 \text{ } \mu\text{m/m}$).

22.6 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El equipo necesario para la ejecución de las obras cumplirá con las especificaciones establecidas en los artículos 542, 543 y 544 del PG-3, teniendo en cuenta además las prescripciones adicionales indicadas en este apartado.

22.6.1 Instalaciones de tratamiento del asfalto retirado

En el caso de que el material bituminoso a reutilizar provenga de la misma obra en la que se vaya a emplear, previamente a su acopio y empleo en la central de fabricación, se procederá a su tratamiento, realizándose las operaciones que sean necesarias para su homogeneización y adecuada clasificación y caracterización.

Si el asfalto retirado contiene partículas de tamaño superior a veintidós milímetros (> 22 mm) será sometido a un tratamiento previo de trituración y mezclado, para lo que se usarán instalaciones de machaqueo que proporcionen un producto granular homogéneo.

En el caso de que haya elementos contaminantes de tipo metálico se dotará a la instalación de un dispositivo específico para su detección y eliminación.

Los sistemas de clasificación granulométrica empleados deberán permitir separar el producto resultante de las operaciones anteriores en, al menos, dos (2) fracciones, tal como se indica en el apartado 22.4.4.2.

En el caso del tratamiento del material bituminoso a reutilizar por un gestor autorizado se garantizará que todas las fases de manipulación se realicen con precaución, con el fin de que no se contaminen de materiales extraños (UNE-EN 13108-8).

22.6.2 Central de fabricación

La central de fabricación (de funcionamiento continuo o discontinuo) dispondrá de, al menos, dos (2) tolvas adicionales para el RA, y será capaz de incorporarlo durante el proceso de mezcla sin afección negativa a los materiales constituyentes, en especial, al ligante de aportación.

En ningún caso se calentará el RA a una temperatura superior a la del nuevo ligante incorporado, ni los áridos de aportación a más de doscientos veinte grados Celsius (220 °C).

Los gases producidos en el calentamiento de la mezcla deberán ser recogidos durante el proceso de fabricación, evitando en todo momento su emisión directa a la atmósfera sin un tratamiento previo. Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental y de seguridad y salud.

22.6.2.1 Funcionamiento continuo

En centrales de fabricación continua con tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación del RA tratado será ponderal y deberá poder tener en cuenta su humedad, para ajustar la dosificación en función de ella. La central dispondrá de un sistema que permita la incorporación del RA por detrás del quemador, en un anillo intermedio al tambor, de forma que no exista riesgo de contacto con la llama.

22.6.2.2 Funcionamiento discontinuo

Para las mezclas bituminosas reutilizadas de tasa baja de RA (tipos 0 y 1 de la tabla 22.1), se admitirá la incorporación en frío hasta un veinte por ciento de la masa total ($\leq 20\%$), del RA en el mezclador siempre que tenga una dosificación ponderal específica e independiente.

Para la fabricación de mezclas bituminosas reutilizadas de tasa media de RA (tipo 2 de la tabla 22.1), las centrales tendrán un sistema de precalentamiento del RA, generalmente un tambor secador independiente. Además, deberán estar provistas de elementos de almacenamiento en caliente del RA y de un sistema de dosificación ponderal específico e independiente.

En cualquier caso, dada la previsible evolución de las tecnologías de fabricación en el futuro, el equipo propuesto por el Contratista deberá ser aprobado por el Director de la obra tomando en consideración la temperatura de calentamiento máxima de los áridos, la dosificación de las fracciones de RA, el control de la humedad de áridos y RA y los tiempos necesarios de amasada.

22.7 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Se cumplirán las prescripciones establecidas en los artículos 542, 543 y 544 del PG-3 teniendo en cuenta, además, las prescripciones complementarias indicadas a continuación.

22.7.1 Operaciones de fresado

La calidad del material fresado depende de la calidad de las operaciones de fresado, y de los siguientes parámetros:

- La rigidez y nivel de fisuración de la sección de mezcla bituminosa.
- El estado de adherencia entre capas.
- La calidad del soporte de las capas fresadas.
- La profundidad de fresado.
- La calidad y el estado de las picas de la fresadora.
- La velocidad de avance de la fresadora.

22.7.2 Tratamiento, clasificación y caracterización de asfalto retirado

El asfalto retirado a emplear en la misma obra de la que procede deberá acopiarse para su posterior tratamiento. Los acopios deberán estar formados por tongadas horizontales de espesor no superior a un metro y medio ($\leq 1,5\text{ m}$), en una zona bien drenada y, preferiblemente, pavimentada. Si se dispusieran sobre el terreno natural no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores. Deberá vigilarse su altura para evitar que el asfalto retirado se aglomere, especialmente con temperaturas elevadas, limitándose a cinco metros ($\leq 5\text{ m}$) cuando se prevean temperaturas superiores a los treinta grados Celsius ($> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Deberá llevarse un registro de la procedencia del asfalto retirado, identificando y acopiando por separado los materiales con características heterogéneas. También se acopiarán de forma separada aquellos asfaltos retirados procedentes de fresado selectivo de capas de rodadura, en

especial los procedentes de mezclas bituminosas de los tipos correspondientes a los artículos 543 y 544 del PG-3.

Se examinará la descarga al acopio desechando los materiales que a simple vista presenten elementos contaminantes.

El asfalto retirado se tratará y mezclará para su homogeneización y eventual descontaminación. A continuación, si el asfalto retirado contiene partículas de tamaño superior a veintidós milímetros (> 22 mm), la fracción que exceda de este tamaño se someterá a un tratamiento previo de trituración y se mezclará uniformemente y acopiará con la fracción no triturada. A continuación, se procederá a su clasificación en fracciones según lo indicado en 22.4.4.2, las cuales se acopiarán de forma independiente para su caracterización.

La caracterización se realizará por lotes que corresponderán a acopios separados de un tamaño máximo de cinco mil toneladas (5 000 t). De cada lote se tomará una muestra por cada quinientas toneladas (500 t) acopiadas con un mínimo, en cualquier caso, de cinco muestras por lote. Las características que, como mínimo, se han de determinar en cada muestra son las siguientes:

- Tamaño máximo significativo – tamiz más pequeño de la serie básica más la serie 1 que retiene menos del quince por ciento (15%) – de las partículas del asfalto retirado (UNE-EN 933-1 y UNE-EN 933-2).
- Granulometrías de los áridos recuperados (norma UNE-EN 12697-2) del asfalto retirado según lo indicado en el apartado 22.4.4.3 de este artículo.
- Contenido de ligante envejecido, expresado en porcentaje sobre la masa total (norma UNE-EN 12697-1).
- Penetración a 25 °C (norma UNE-EN 1426) y Punto de Reblandecimiento (norma UNE-EN 1427) del ligante envejecido extraído (según la norma UNE-EN 12697-3).

Cuando no fuera posible asegurar mediante trazabilidad las características de calidad del árido contenido en el asfalto retirado, se deberá comprobar la idoneidad, de acuerdo con los artículos 542, 543 y 544, de las siguientes características adicionales:

- Coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido recuperado (norma UNE-EN 1097-2).
- Índice de lajas (FI) del árido recuperado (norma UNE-EN 933-3)
- Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura (norma UNE-EN 1097-8).

Para que un acopio se considere homogéneo deberá quedar identificado y caracterizado con las tolerancias establecidas en la tabla 22.2.

Para que un acopio homogéneo pueda ser considerado como RA deberá cumplir los requisitos establecidos en el apartado 22.4.4 y contar con la aprobación explícita del Director de la obra.

22.7.3 Acopio del asfalto recuperado

Los acopios de RA deberán estar formados por tongadas horizontales de espesor no superior a un metro y medio ($\leq 1,5$ m), en una zona bien drenada y, preferiblemente, pavimentada. Si se dispusieran sobre el terreno natural no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores. Deberá vigilarse su altura para evitar que el RA se aglomere, especialmente con temperaturas

elevadas, limitándose a tres metros (≤ 3 m) cuando se prevean temperaturas superiores a los treinta grados Celsius (> 30 °C).

Los acopios de RA deberán estar cubiertos si las condiciones meteorológicas son desfavorables y, en todo caso, el tiempo de almacenamiento se reducirá al mínimo posible para evitar que el contenido de humedad aumente en exceso.

Los acopios homogéneos de RA serán considerados como lotes aislados, evitando que se mezclen y contaminen entre ellos. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obra, fijará el volumen mínimo de los acopios de RA. Salvo justificación en contrario, dicho volumen no será inferior al correspondiente como mínimo a una (1) semana de trabajo con la producción prevista.

22.7.4 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La fabricación y puesta en obra de la mezcla bituminosa reutilizada no se iniciará hasta que se haya aprobado por el Director de la obra la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación, de acuerdo con lo indicado en los artículos 542, 543 y 544 del PG-3.

La fórmula de trabajo fijará, además de las características establecidas en los mencionados artículos, las siguientes especificaciones:

- Proporción en masa de las fracciones del RA, referido a la masa total de mezcla bituminosa fabricada.
- Granulometría del árido contenido en las fracciones del RA (norma UNE-EN 12697-2), y contenido de ligante hidrocarbonado del RA (norma UNE-EN 12697-1), referido a la masa total de este.
- La identificación y proporción de cada fracción del árido de aportación (incluido el polvo mineral de aportación) en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente, referidas a la masa total.
- Granulometría de los áridos de la mezcla bituminosa fabricada (norma UNE-EN 12697-2).
- Características del ligante contenido en el RA: Penetración (norma UNE-EN 1426) y Punto de Reblandecimiento, método de anillo y bola (norma UNE-EN 1427).
- Tipo, características y dosificación del ligante hidrocarbonado de aportación, referido a la masa total de la mezcla bituminosa fabricada.
- Penetración y punto de reblandecimiento de la mezcla de ligantes.
- Tipo y dotación de aditivos, referida a la masa total del ligante y, en su caso, el tipo y la dotación de las adiciones, referida a la masa total del árido combinado.
- Densidad mínima a alcanzar.

Además, se indicarán:

- La temperatura máxima de calentamiento del árido de aportación que, en ningún caso, será superior a doscientos veinte grados Celsius (≤ 220 °C).
- Las temperaturas máxima y mínima y la humedad máxima del RA a la entrada del mezclador.

- Los tiempos mínimos de mezclado del RA y los áridos de aportación, y del conjunto con el ligante de aportación.

En todos los casos, se realizará el ensayo Fénix (NLT-383) de la mezcla fabricada en laboratorio sin recalentar según la fórmula de trabajo propuesta. Los resultados obtenidos se compararán con los valores de referencia recogidos en la N.T. 01/2022 y se incluirán en la información aportada al Director de la obra,

Para la estimación inicial de las temperaturas de calentamiento del árido de aportación y/o de la temperatura de calentamiento del RA se podrá emplear la siguiente expresión, que es una simplificación del balance termodinámico de la operación:

$$T = \frac{T_f - R \cdot T_{RA} + H_{RA} \cdot 4R \cdot (637 - T_{RA})}{1 - R}$$

donde:

T Temperatura de calentamiento de los áridos de aportación (°C).

Tf Temperatura final de la mezcla reutilizada (°C).

TRA Temperatura del RA (°C).

R Porcentaje de RA (en tanto por uno).

HRA Humedad del RA (en tanto por uno)

En el caso de que se empleen aditivos o adiciones, se indicarán las prescripciones sobre su incorporación.

En centrales continuas, se determinará el caudal y la temperatura de calentamiento de los áridos de aportación realizando fabricaciones con la dosificación prevista de RA y áridos de aportación, sin adición de ligantes ni polvo mineral, para que el RA eleve su temperatura y se homogenice con la mezcla reutilizada.

En centrales discontinuas, los tiempos de mezclado del RA con los áridos y el ligante de aportación (y el eventual producto rejuvenecedor), vendrán determinados por la homogeneidad de la mezcla, la total desaparición de los nódulos de RA y la integración de todos los ligantes presentes. El tiempo total de permanencia de la mezcla bituminosa reutilizada en el mezclador será aquel que garantice un amasado uniforme homogéneo y eficaz (reblandecimiento del ligante envejecido), y deberá ser aprobado por el Director de las Obras. A tal efecto, se realizarán amasadas sin ligante para, a la vista del aspecto que presente la mezcla fabricada, estimar los tiempos necesarios de mezclado.

22.7.5 Fabricación de la mezcla

En todos los casos, los dosificadores de áridos en frío y del RA se regularán de forma que se obtenga la granulometría de la fórmula de trabajo. Su caudal se ajustará a la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador de áridos y del calentador o de la tolva de regulación del RA.

22.7.5.1 Central con secador-mezclador continuo

La central tendrá un secador que funcionará en contracorriente y un tambor mezclador independiente con incorporación del RA tratado fuera de la zona de altas temperaturas y de la corriente de gases calientes. La proporción máxima de material reutilizado vendrá determinada por la limitación del calentamiento de los áridos de aportación señalada en el apartado 22.7.4.

Cuando la mezcla bituminosa reutilizada sea de tasa media (tipo 2 de la tabla 22.1), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especificará las características de la central de fabricación y del material reutilizado resultante.

22.7.5.2 Central con mezclador discontinuo

En las mezclas bituminosas reutilizadas de tasa baja (tipos 0 y 1 de la tabla 22.1), cuando el RA tratado se incorpore al mezclador a temperatura ambiente, podrán existir dos configuraciones posibles de las instalaciones que podrán utilizarse individual o conjuntamente:

- El RA proveniente de una tolva de pesaje independiente es llevado a otra de regulación en caliente situada junto a las de los áridos de aportación, y desde esta, a través del circuito convencional de pesada, se incorpora al mezclador. En este caso, la capacidad del sistema de extracción de vapor deberá ser superior al de una central convencional.
- Se mantiene el circuito convencional de áridos de aportación hasta el mezclador, y el RA se incorpora directamente a este, proveniente de una tolva específica conectada a un sistema de pesaje continuo y con un sistema de cinta o elevador de cangilones.

En el caso de que nuevas tecnologías en instalaciones asfálticas permitan disponer de configuraciones diferentes a las aquí descritas, su empleo deberá ser aprobado explícitamente por el Director de la obra.

Para posibilitar la transferencia de calor de los áridos de aportación al RA y que se produzca el reblandecimiento del ligante, se deberá garantizar que se produce una envuelta en seco suficiente en el mezclador, previa a la inyección del ligante de aportación. Dicho tiempo adicional de mezclado en seco deberá ser aprobado por el Director de las obras y, en ningún caso será inferior a cinco segundos (5 s) cuando el porcentaje de RA sea igual o inferior al quince por ciento ($\leq 15\%$) o a diez segundos (10 s) cuando se supere el quince por ciento ($> 15\%$).

El tiempo del ciclo de la mezcla (incluido el realizado en seco), será el necesario para eliminar la humedad del RA, obtener una distribución homogénea con los áridos de aportación, y garantizar la integración conjunta de todos los materiales y ligantes incorporados, así como la completa desaparición de los nódulos del RAP. El tiempo de ciclo de la mezcla, que deberá ser sensiblemente superior al necesario para fabricar una mezcla bituminosa convencional sin material reutilizado, será aprobado por el Director de la obra.

Para las mezclas bituminosas reutilizadas de tasa media (tipo 2 y 3 de la tabla 22.1), la central de fabricación deberá estar provista de un segundo tambor secador, cuya misión será la de calentar el RA a una temperatura superior a la ambiental, pero limitada a ciento veinte grados Celsius ($\leq 120^{\circ}\text{C}$) para evitar un mayor envejecimiento del betún contenido en el material.

22.8. CONTROL DE CALIDAD

Se cumplirán las prescripciones establecidas en los artículos 542, 543 y 544 del PG-3, teniendo en cuenta además las prescripciones complementarias siguientes.

22.8.1 Control de procedencia de los materiales

En el caso de productos que dispongan del marcado CE, de acuerdo con el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplan las especificaciones establecidas en este artículo. 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, el Director de la obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra, 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 epígrafes 542.9, 543.9 y 544.9 del PG-3 según correspondan por el tipo de mezcla bituminosa fabricada, con las prescripciones complementarias indicadas en este artículo.

22.8.2 Control de procedencia del asfalto recuperado

Cuando el RA sea suministrado por un gestor autorizado, por cada mil toneladas (1 000 t) suministradas de RA (nivel Y del apartado 5.5.3 de la norma UNE-EN 13108-8), si se va a emplear en la fabricación de la mezcla una proporción de RA de tasa baja (tipos 0 ó 1 de la tabla 22.1), o por cada quinientas toneladas (500 t) suministradas (nivel X del apartado 5.5.3 de la norma UNE-EN 13108-8), si se va a emplear una proporción superior (tipos 2 o 3 de la tabla 22.1), se tomarán cinco (5) muestras, y de cada una de ellas se determinará:

- Granulometría del material disgregado (norma UNE-EN 933-1).
- Granulometría de los áridos recuperados (norma UNE-EN 12697-2).
- Contenido de ligante soluble (norma UNE-EN 12697-1).
- Penetración del ligante recuperado (norma UNE-EN 1426).
- Punto de reblandecimiento, método anillo y bola, del ligante recuperado (norma UNE-EN 1427).
- Coeficiente de Los Ángeles del árido recuperado (norma UNE-EN 1097-2).
- Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura (norma UNE-EN 1097-8).

22 REUTILIZACIÓN EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN CENTRAL DE CAPAS BITUMINOSAS

- Angulosidad de las partículas (en RA destinado a capas de rodadura) UNE-EN 933-3 y UNE-EN 933-5.

Se comprobará que los resultados obtenidos son conformes con el requisito de homogeneidad establecido en el apartado 22.4.4.3 y con las características aprobadas en la fórmula de trabajo.

Adicionalmente, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obra, podrán establecer la necesidad de realizar otro tipo de ensayos.

22.8.3 Control de calidad de los acopios de asfalto recuperado

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores, así como el de los accesos.

Sobre cada acopio que se utilice se realizarán los siguientes ensayos:

Al menos una (1) vez al día:

- Contenido de humedad del acopio (norma UNE-EN ISO 17892-1).
- Granulometría de las partículas del RA (norma UNE-EN 933-1).

Al menos una (1) vez al mes:

- Contenido de ligante soluble (norma UNE-EN 12697-1).
- Granulometría de los áridos recuperados (norma UNE-EN 12697-2).
- Penetración con aguja del ligante recuperado (norma UNE-EN 1426).
- Punto de reblandecimiento, método anillo y bola, del ligante recuperado (norma UNE-EN 1427).

Adicionalmente, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la obra, podrán especificar alguna otra característica.

22.8.4 Control de fabricación

En todos los casos, cada quinientas toneladas (500 t) fabricadas de mezclas bituminosas reutilizadas destinadas a capa de rodadura) o mil toneladas (1 000 t) fabricadas en el resto de los casos, se determinarán las características del ligante recuperado (norma UNE-EN 12697-3), determinando la Penetración (norma UNE-EN 1426) y el Punto de Reblandecimiento (norma UNE-EN 1427). Las características obtenidas se compararán con las establecidas en los artículos 211 y 212 del PG-3 correspondientes tras envejecimiento a corto plazo (norma UNE-EN 12607-1).

Una vez cada mil quinientas toneladas (1 500 t) se tomarán muestras de mezcla a la salida del mezclador de la central de fabricación con las que se prepararán, al menos cuatro (4) probetas semicilíndricas para la realización del ensayo Fénix (NLT-383). Los resultados obtenidos se compararán con los valores de referencia recogidos en la N.T. 01/2022

En el caso de las mezclas bituminosas reutilizadas AC de alto módulo, una vez cada tres mil toneladas (3 000 t), se tomarán muestras de mezcla a la salida del mezclador de la central de fabricación, con las que se prepararán probetas sin recalentar para la realización del ensayo de

módulo dinámico a veinte grados Celsius (20 °C) (Anexo C de la norma UNE-EN 12697-26) y se comprobará que no es superior a catorce mil megapascales ($\leq 14\ 000$ MPa)

En el caso de las mezclas bituminosas reutilizadas de tipo AC densas, semidensas o gruesas, del tipo 2 o 3 de la tabla 22.1, una vez cada tres mil toneladas (3 000 t), se tomarán muestras de mezcla a la salida del mezclador de la central de fabricación, con las que se prepararán probetas para la realización de los ensayos de módulo dinámico a veinte grados Celsius (20 °C) (Anexo C de la norma UNE-EN 12697-26) y del ensayo de fatiga a treinta hercios (30 Hz) y veinte grados Celsius (20 °C) (Anejo D de la norma UNE-EN 12697-24). Se comprobará que el valor de módulo dinámico obtenido no es superior a ocho mil megapascales ($\leq 8\ 000$ MPa) y que el valor de la deformación a un millón de ciclos obtenido no es inferior a cien microdeformaciones ($\epsilon_6 \geq 100$ $\mu\text{m/m}$).

22.8.5 Control de la unidad terminada

De cada lote, según lo indicado en los apartados 542.9.4, 543.9.4 y 544.9.4 del PG-3, se extraerán dos testigos adicionales y sobre ellos, previamente cortados en cuatro (4) probetas semicilíndricas y adecuadamente acondicionadas, se realizará el ensayo Fénix (NLT-383). Los resultados obtenidos se compararán con los valores de referencia recogidos en la N.T. 01/2022

22.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Se cumplirán las prescripciones establecidas en los artículos 542, 543 y 544 del PG-3.

22.10 MEDICIÓN Y ABONO

La fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas reutilizadas en central se abonará por toneladas (t), según su tipo, siguiendo lo especificado al respecto en los artículos 542, 543 y 544 del PG-3.

ANEJO 1

RELACIÓN DE NORMAS

En los artículos del anexo de esta Orden Circular se establecen una serie de comprobaciones de la conformidad de los productos y los procesos incluidos en su ámbito que, en muchos casos, están referidos a normativa NLT, UNE, UNE-EN y UNE-EN ISO. A los efectos de esta Orden Circular debe entenderse que las mencionadas normas se refieren siempre a la última versión aprobada oficialmente por el organismo competente.

Las normas aquí recogidas podrán ser sustituidas por otras de las utilizadas en cualquiera de los Estados miembros de la Unión Europea, o que sean parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, y en aquellos Estados que tengan un acuerdo de asociación aduanera con la Unión Europea, siempre que se demuestre que poseen especificaciones técnicas idénticas.

ARTÍCULO 20.- REUTILIZACIÓN *IN SITU* CON EMULSIÓN DE CAPAS DE FIRMES

NLT-314	Toma de muestras de testigos de pavimentos.
NLT-330	Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.
UNE 41215	Determinación de la sensibilidad al agua de mezclas bituminosas recicladas en frío con emulsión bituminosa.
UNE 103501	Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.
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 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado
UNE-EN 933-2	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
UNE-EN 933-2/1M	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
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 1097-5	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 5: Determinación del contenido en agua por secado en estufa

UNE-EN 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 12697-1	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
UNE-EN 12697-3	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 3: Recuperación de betún: Evaporador rotatorio.
UNE-EN 12697-6	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
UNE-EN 12697-27	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 27: Toma de muestras.
UNE-EN 12697-31	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 39: Contenido en ligante por ignición
UNE-EN 12697-56	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 56: Preparación de probetas mediante compactación estática
UNE-EN 13043	Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas
UNE-EN 13043/AC	Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas
UNE-EN 13808-2M	Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas
UNE-EN ISO 17892-12	Investigación y ensayos geotécnicos, Ensayos de laboratorio de suelos. Determinación del límite líquido y del límite plástico.

ARTÍCULO 21.- REUTILIZACIÓN IN SITU CON CEMENTO DE CAPAS DE FIRMES

NLT-330	Cálculo del índice de regularidad internacional, IRI, en pavimentos de carreteras.
UNE 83302	Ensayos de hormigón. Extracción y conservación de probetas testigo.

UNE 103201	Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles en agua que hay en un suelo.
UNE 103204	Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
UNE 103501	Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.
UNE 103900	Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
UNE 146508	Ensayo de áridos. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice y álcali-silicato de los áridos. Método acelerado en probetas de mortero.
UNE-EN 196-3	Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen
UNE-EN 932-1	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
UNE-EN 933-1	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado
UNE-EN 933-2	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
UNE-EN 933-2/1M	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
UNE-EN 933-3	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
UNE-EN 933-8	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
UNE-EN 933-9	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.
UNE-EN 1097-2	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 1744-1	Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
UNE-EN 12504-1	Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 1: Testigos. Extracción, examen y ensayo a compresión.
UNE-EN 13242	Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.
UNE-EN 13286-41	Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 41: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de las mezclas de áridos con conglomerante hidráulico.
UNE-EN 13286-42	Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 42: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la tracción indirecta de las mezclas de áridos con conglomerante hidráulico.
UNE-EN 13286-45	Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 45: Método de ensayo para la determinación del periodo de trabajabilidad.
UNE-EN 13286-47	Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 47: Método de ensayo para la determinación del CBR (California Bearing Ratio), del índice de carga inmediato (IBI) y del hinchamiento lineal
UNE-EN 13286-49	Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 49: Ensayo de hinchamiento acelerado para suelos tratados con cal o con conglomerante hidráulico.
UNE-EN 13286-51	Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 51: Métodos de elaboración de probetas de mezclas con conglomerante hidráulico utilizando martillo vibratorio de compactación.
UNE-EN ISO 17892-1	Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos. Parte 1: Determinación de la humedad.
UNE-EN ISO 17892-12	Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos. Parte 12: Determinación del límite líquido y del límite plástico.

ARTÍCULO 22.- REUTILIZACIÓN EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN CENTRAL DE CAPAS BITUMINOSAS

NLT-383	Evaluación de la resistencia, tenacidad y energía de rotura de las mezclas bituminosas mediante el ensayo FENIX
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 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado
UNE-EN 933-2	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
UNE-EN 933-2/1M	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: 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 1097-8	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 12607-1	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia al endurecimiento por efecto del calor y del aire. Parte 1: Método RTFOT (película fina y rotatoria).

UNE-EN 12697-1	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
UNE-EN 12697-2	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas.
UNE-EN 12697-3	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3: Recuperación de betún. Evaporador rotatorio.
UNE-EN 12697-24	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 24: Resistencia a la fatiga.
UNE-EN 12697-26	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez.
UNE-EN 12697-42	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 42: Cantidad de materia extraña en asfalto recuperado.
UNE-EN 13108-8	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 8: Mezcla bituminosa reciclada
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 14769	Betunes y ligantes bituminosos. Acondicionamiento por envejecimiento a largo plazo acelerado usando un recipiente de envejecimiento a presión (PAV).
UNE-EN 14771	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia a la flexión. Reómetro de flexión (BBR).
UNE-EN 17892-1	Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos. Parte 1: Determinación de la humedad.

