



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 672/23

Área genérica/Usó previsto:	Microgránulos de fibras de celulosa para la fabricación de mezclas bituminosas
Nombre comercial:	RavasoI™ BITCEL INNOCELL® FG3000
Beneficiario:	RAVAGO CHEMICALS, S.A.
Sede social:	Calle de Venezuela, n.º 103 - 4 Plta., 08019, Barcelona, España
Lugar de fabricación:	Postal Adress. 142/3, CZ-110 00 Prague 1 Local: Pražská 1012, CZ-250 01 Brandýs nad Labem. República Checa
Validez. Desde:	3 de Enero de 2023
Hasta:	3 de Enero de 2028 (Condicionada a seguimiento anual)

Este Documento consta de 12 páginas



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA
UNION EUROPEENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION OF AGREEMENT
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGREEMENT IN BAUWESEN



MUY IMPORTANTE

El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico. No tiene, por sí mismo, ningún efecto administrativo, ni representa autorización de uso, ni garantía. La responsabilidad del IETcc no alcanza a los aspectos relacionados con la Propiedad Intelectual o la Propiedad Industrial ni a los derechos de patente del producto, sistema o procedimientos de fabricación o instalación que aparecen en el DIT.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere este Documento, es preciso el conocimiento íntegro del mismo, por lo que este deberá ser suministrado por el titular, en su totalidad.

La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.

**Fibras de celulosa impregnadas y granuladas
para la fabricación de mezclas bituminosas
Fibres de cellulose pour enrobées
bitumineuses
Cellulose fibres for mix asphalt**

DECISIÓN NÚM. 672/23

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto n.º 3652/1963, de 26 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden n.º 1265/1988, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión,
- considerando el artículo 544.9.1.4 de la ORDEN CIRCULAR 3/2019 SOBRE MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO SMA de la Dirección General de Carreteras sobre la necesidad para los aditivos estabilizantes en forma de fibras orgánicas o minerales de estar en posesión de una evaluación técnica de la idoneidad de empleo,
- considerando las especificaciones establecidas en el Reglamento para el Seguimiento del DIT del 28 de octubre de 1998,
- en virtud de los vigentes Estatutos de l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc),
- de acuerdo a la solicitud formulada por la Empresa RAVAGO CHEMICALS, S.A. para la Concesión del Documento de Idoneidad Técnica n.º 672/23 para microgránulos de fibras de celulosa para la fabricación de mezclas bituminosas con denominaciones comerciales: "RAVASOL™ BITCEL" e "INNOCELL® FG3000",
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras y a fabrica realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc o en otros laboratorios, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos establecida,

DECIDE:

Conceder el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA n.º 672/23 a los microgránulos de fibras de celulosa para la fabricación de mezclas bituminosas: Ravasol™ BITCEL e INNOCELL® FG3000, considerando que,

La evaluación técnica realizada permite concluir que este producto es apto para su empleo como aditivo estabilizante y de ayuda al reparto del mástico en mezclas bituminosas y, por tanto, conforme con el artículo 544.9.1.4 de la ORDEN CIRCULAR 3/2019 de la Dirección General de Carreteras siempre que se respete el contenido completo del presente documento y en particular las siguientes condiciones:



CONDICIONES GENERALES

El presente DIT evalúa exclusivamente la aptitud, en determinadas condiciones, del producto propuesto por el beneficiario como parte de una mezcla bituminosa. Deben tenerse en cuenta que, para cada caso, el proyecto y ejecución de este tipo de mezclas tendrán como objetivo, la consecución de actuaciones de construcción y rehabilitación más durables y sostenibles, así como las disposiciones de la Dirección de Obra.

En cada caso, el beneficiario de este DIT, a la vista del proyecto, proporcionará la asistencia técnica suficiente que permita el estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.

En el presente DIT se ha tomado como marco normativo y referenciado por defecto, lo requerido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y la ORDEN CIRCULAR 3/2019 de la Dirección General de Carreteras, sin perjuicio del resto de Normativa Técnica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana sobre Firmes y pavimentos o de lo establecido en cualquiera de los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares de las obras. Cuando corresponda, serán también de aplicación los requerimientos emitidos por entidades diferentes al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, incluyendo aquellos relacionados con obras portuarias, aeroportuarias o similares.

CONDICIONES DE FABRICACIÓN

El fabricante deberá mantener el autocontrol que realiza en la actualidad sobre las materias primas, proceso de fabricación y producto acabado conforme a las indicaciones del apartado 5 del presente Documento.

Para las condiciones de fabricación de las mezclas, se estará a lo establecido en el PG-3 y la ORDEN CIRCULAR 3/2019 de la Dirección General de Carreteras y el resto de especificaciones técnicas armonizadas que apliquen.

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PUESTA EN OBRA

El producto evaluado en el presente Documento son microgránulos de fibras de celulosa, cuyo uso principal es como aditivo estabilizante, que evita el escurrimiento de las mezclas bituminosas (en caliente y semicalientes) empleadas en la pavimentación de firmes bituminosos.

La puesta en obra de estos productos debe realizarse según lo establecido en el artículo "Ejecución de la obra" del PG-3 y de la ORDEN CIRCULAR 3/2019 de la Dirección General de Carreteras o según los Pliegos que apliquen, asegurando que la utilización de los productos se efectúa en las condiciones y campos de aplicación cubiertos por el presente Documento y respetando las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos.

VALIDEZ

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA n.º 672/23 es válido durante un período de cinco años a condición de:

- que el fabricante no modifique ninguna de las características indicadas en el presente DIT,
- que el fabricante realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que anualmente se realice un seguimiento que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de las realizaciones más recientes.

Con el resultado favorable del seguimiento, el IETcc emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DIT, para darle validez.

Este DIT deberá renovarse antes del 3 de enero de 2028.

Madrid, 3 de enero de 2023

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



INFORME TÉCNICO

1. OBJETO

Ravasol™ BITCEL Y INNOCELL® FG3000 son microgránulos de fibras de celulosa que se emplean como aditivo estabilizante en las mezclas bituminosas⁽¹⁾ (caliente y semicaliente - ≥ 120 °C), empleadas en la pavimentación de firmes bituminosos (capa de rodadura, capa intermedia y capa de base), reduciendo su escurrimiento.

Las fibras de celulosa, dispersas en la mezcla bituminosa, actúan como un espesante tixotrópico, es decir, no afectan a la manejabilidad de la mezcla en las etapas de fabricación, extendido y compactación; evitan el escurrimiento del ligante cuando la mezcla bituminosa se encuentra en reposo (sean etapas de transporte a obra y ejecución) o su exudación (durante su vida de servicio).

Los microgránulos de fibra permiten una mayor dotación de ligante en la mezcla, lo que proporciona un mejor comportamiento a fatiga (mezclas bituminosas menos rígidas y más dúctiles) y un mejor comportamiento frente a la acción del agua (recubrimiento con mayor grosor de película uniforme). También, de manera indirecta, ayuda al reparto homogéneo del mástico alrededor de los áridos para la fabricación de estas mezclas bituminosas y a la distribución homogénea de los huecos en mezcla (evitar colmatación heterogénea de huecos).

Esta mayor dotación de ligante, por el empleo de fibras de celulosa, puede contribuir a mejorar las propiedades mecánicas y la durabilidad de las mezclas bituminosas, si bien, las fibras por sí mismas no aportan directamente una mejora de dichas propiedades.

Este producto se suministra listo para mezclarse con el resto de los materiales (áridos de diversos tamaños, polvo mineral (filler), ligante hidrocarbonado y eventualmente, otros aditivos) en la amasadora de la planta asfáltica, donde por fricción y temperatura "se abre" y libera rápidamente las hebras, que se dispersan hasta obtener una mezcla homogénea.

Posteriormente, se traslada a la obra donde se extiende y compacta, conformando las diferentes capas de los firmes destinados a soportar el tráfico de vehículos en carreteras de cualquier orden, aeropuertos, puertos, áreas urbanas, aparcamientos y otros lugares.

Se puede adicionar en prácticamente cualquier tipo de mezcla bituminosa⁽²⁾, aunque sus usos más habituales son en:

SMA "Stone Mastic Asphalt" (UNE-EN 13108-5⁽³⁾ + especificaciones del artículo 544 de OC 03/2019).

Mezclas bituminosas de altas prestaciones de granulometría discontinua con elevado contenido de ligante y la adición de un estabilizante, generalmente fibras de celulosa, pueden ser fabricadas con áridos con tamaño máximo de 8, 11 y 16 mm.

Se utilizan como capa intermedia (SMA16, espesores entre 5 y 9 cm) y como capa de rodadura (SMA16, SMA11 y SMA8, espesores entre 2 y 6 cm), aportando una elevada macrotextura superficial y contribuyendo a una mayor durabilidad.

BBTM "Beton Bitumineux Très Mince" (UNE-EN 13108-2⁽⁴⁾ + especificaciones del artículo 543 de PG-3).

Mezclas bituminosas de granulometría discontinua que presentan un porcentaje máximo de partículas de árido retenido entre los tamices 2 y 4 mm de un 8 %.

Se aplican en espesores entre 2 y 3 cm y se dividen en dos grupos diferentes según el contenido de huecos en la mezcla: BBTM del tipo A con un contenido > 4 % y BBTM del tipo B con un contenido entre 12 -18 % (PG-3, 543.10).

PA "Porous Asphalt" (UNE-EN 13108-7⁽⁵⁾ + especificaciones del artículo 543 de PG-3).

Mezclas bituminosas con bajo contenido de árido fino para extendidos en espesores entre 4 y 5 cm, tipos PA11 y PA16.

Se caracterizan por tener un elevado contenido de huecos en la mezcla (≥ 20 %), que favorece la permeabilidad en la capa de mezcla aplicada, siendo importante poder asegurar la conectividad entre los huecos de la mezcla.

AUTL "Asphalt UltraThin Layers" (UNE-EN 13108-9⁽⁶⁾).

Mezclas ultradelgadas, generalmente de granulometría discontinua, para su aplicación en espesores entre 1 y 2 cm. Se fabrican con áridos y ligantes de muy buena calidad, con tamaño máximo de partículas de 6, 8 y/o 11 mm. Tiene gran importancia tanto el tipo de riego de adherencia como su correcta ejecución (dotación y cubrimiento).

⁽¹⁾ Se define como mezcla bituminosa a la combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos (incluido el polvo mineral) y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante, dando lugar a una masa cohesiva (OC, 544.1).

⁽²⁾ Mezclas recogidas en la colección de Normas UNE-EN 13108.

⁽³⁾ UNE-EN 13108-5:2007/AC:2008. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA.

⁽⁴⁾ UNE-EN 13108-2:2007/AC:2008. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales: Parte 2: Mezclas bituminosas para capas delgadas.

⁽⁵⁾ UNE-EN 13108-7:2007/AC:2008. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes.

⁽⁶⁾ UNE-EN 13108-9:2018. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 9: Mezclas bituminosas ultrafinas (AUTL).



2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

RavasoTM BITCEL, INNOCELL[®] FG3000, en forma de microgránulo cilíndrico, está compuesto de un 93 % de fibras largas de celulosa reciclada y un 7 % de aglutinante.

3. CARACTERÍSTICAS

(Datos facilitados por el fabricante)

RavasoTM BITCEL, INNOCELL[®] FG3000. Este producto presenta las siguientes características:

Características	Valores
Contenido en fibra pura	93 ± 2 %
Longitud media del microgránulo	5 - 8 mm
Grosor medio	4 - 5 mm
Densidad aparente	430 - 510 g/l
Test de Abrasión (Flowtester, tamiz 2 mm)	máx. 10 %
Material retenido en tamiz 2,5 mm	> 97 %
Color	Grisáceo
Humedad (medido tras producción)	< 5,0 %

Fibras largas de celulosa. La celulosa es un biopolímero (polisacárido) formado por moléculas de β-glucosa y es el componente principal de las paredes celulares de las plantas, por tanto, de naturaleza renovable. Es insoluble en agua y en la mayoría de los solventes orgánicos, mostrando una alta resistencia a la degradación bioquímica.

Estas fibras se obtienen mediante procesos de molienda a partir de celulosa procedente de papel reciclado y presentan las siguientes características:

Características	Valores
Composición básica	fibras de celulosa gris
Contenido en celulosa	> 85 %
Valor del pH (5 g/100 ml)	7,5 ± 0,5
Longitud media de fibra	1000 - 1300 μm
Grosor medio	30 - 45 μm
Absorción de aceite	> 600 %

Agglutinante. El aglutinante está compuesto por una cera poliolefínica disuelta en ligante hidrocarbonado, totalmente compatible con el betún asfáltico. Este tiene como única función la unión de las fibras para conformar los microgránulos, su dotación en masa debe ser lo menor posible, ya que el principio activo funcional es la celulosa.

Además, como la celulosa actúa por absorción, un elevado contenido del aglutinante puede saturar la fibra, penalizando su posterior capacidad absorbente en la mezcla bituminosa. Su característica principal es:

Características del aglutinante	Valores
Punto de reblandecimiento	70 - 125 °C

⁽⁷⁾ EN ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001:2015).

⁽⁸⁾ Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. (ISO 14001:2015).

4. FABRICACIÓN DEL PRODUCTO

4.1 Planta de fabricación

Los microgránulos de fibras de celulosa son fabricados por la empresa alemana Ruthmann GmbH en sus instalaciones situadas en Praga (CZ), con una producción actual de 40 000 toneladas/año.

No hay una frecuencia definida de fabricación, sino un estocaje de seguridad para poder satisfacer la demanda de pedidos, y una vez alcanzado este límite de estocaje, se realizan los siguientes lotes de fabricación.

La fábrica dispone de las instalaciones pertinentes para la fabricación y dispone de área independiente para el laboratorio de control de calidad y un almacén de distribución.

Este centro de producción dispone de un sistema de gestión de la calidad certificado según EN ISO 9001⁽⁷⁾ con n.º CZ-2146/2021 por CQS (IQNET) y de un sistema de gestión medio-ambiental, EN ISO 14001⁽⁸⁾ y EN ISO 45001:2018⁽⁹⁾ (CZ-164/2021 y CZ-165/2021).

El producto suministrado en España, se expide desde el almacén principal de Ravago Chemicals en Sant Vicenç de Castellet (Barcelona) y desde el almacén regulador de Ravago Chemicals en Torres de la Alameda (Madrid), otros almacenes de Ravago Chemicals (+ 58 en EU) pueden ser también utilizados en momentos puntuales.

4.2 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación se divide en una planta de tratamiento de materias primas, una planta de transformación (fabricación con flujos dinámicos) y un área de regulación logística.

Planta de tratamiento y clasificación. Se reciben suministros continuos de papel reciclado de la industria gráfica y post-consumo, vinculados a contratos oficiales regulares, principalmente de la selección de periódicos y revistas (no se incluyen cartones).

Las materias primas se seleccionan y procesan mediante equipos automatizados (separadores magnéticos y de peso, detectores ópticos, etc.), y clasificación manual.

Después de este primer paso, la materia prima clasificada se premezcla adecuadamente para garantizar su homogeneidad. Finalmente, se elaboran balas mediante equipos de prensado con un triturador-mezclador integrado. Las balas resultantes son identificadas con un código (n.º lote) para su posterior trazabilidad.

⁽⁹⁾ ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for us.



Planta de transformación. En esta planta, el proceso se divide en dos etapas:

- Proceso de desfibración. Se introducen las balas de materia prima en la mesa de dosificación mediante alimentación continua al proceso de molienda, donde se separan las fibras (hebras). Este equipo de plataforma especial está compuesto por unas turbinas de tecnología y desarrollo propias que originan unas fibras uniformes de gran calidad.

A continuación, mediante un sistema neumático, el material es conducido a un equipo separador donde el polvo es retirado y la fibra es clasificada por tamizado, para finalmente depositarse en la tolva de almacenamiento.

- Proceso de granulado. La tolva con las fibras sueltas seleccionadas alimenta la unidad de granulación, que está compuesta por varios equipos de pretratamiento, donde se premezclan las fibras (hebras) con el aglutinante mediante un flujo controlado.

Posteriormente, se granula la mezcla de fibras sueltas pretratadas con el aglutinante mediante un minucioso ajuste de su densidad (aplicando una determinada compresión).

Seguidamente, la mezcla pasa a través de un cabezal troquelado con varios orificios y sistema de corte ajustable, dando lugar a microgránulos en la longitud establecida. Por último, son conducidos a un área de control de polvo y corrector de tamiz (para garantizar su adecuada geometría y limpieza).

Área de regulación logística. Con el objeto de tener una trazabilidad posterior, los microgránulos son codificados y almacenados provisionalmente, hasta obtener confirmación de características mediante los controles de calidad. Tras validación, el lote se empaqueta (diferentes opciones) y el producto se almacena o despacha.

Para todos los lotes, se codifica una muestra "espejo" de 500 g, que el departamento de calidad conserva (durante un año) para su trazabilidad.

Cada expedición del producto es controlada mediante la emisión de un albarán de salida para confirmar los datos del cliente, del fabricante y del producto terminado, al que se adjunta el correspondiente certificado de análisis del lote (COA o Certificate of Analysis), que contiene la información del control de calidad.

En todo momento, se dispone de un registro de expediciones del producto para, en caso de necesidad, poder trazar las características del producto que se ha suministrado.

5. CONTROL DE CALIDAD

El proceso de fabricación se lleva a cabo en condiciones controladas para asegurar la calidad

del producto final elaborado, de acuerdo con el sistema de autoprotección de la fábrica.

Control de materias primas. Todas las materias primas están sujetas a un plan de control en fábrica, donde se verifica su calidad y conformidad de uso antes de su empleo.

Las balas de materia prima premezclada (400–600 kg) están identificadas con un código (n.º de lote) que permite su trazabilidad.

Control del proceso de fabricación.

- Peso de los componentes de la mezcla (calibración bianual de las básculas).

Control de producto. Se realizan controles diarios en producción sobre muestras de lotes obtenidas en cada ≈30 toneladas.

- Longitud y espesor (mensual)
- Densidad.
- Análisis granulométrico.
- Absorción de aceite.
- Test de abrasión.
- Contenido de aglutinante.
- Humedad (medido tras producción).

Todos estos ensayos se realizan siguiendo procedimientos internos de control de calidad.

Este control se complementa con el seguimiento de los resultados obtenidos en las diferentes obras con diferentes mezclas bituminosas.

6. TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO, ENVASADO y ETIQUETADO

6.1 Transporte y almacenamiento

El fabricante declara que los constituyentes de este producto no son tóxicos, por lo que no es necesario atender ninguna instrucción especial de seguridad en el transporte y almacenamiento de este.

Debe transportarse y almacenarse en un lugar seco y protegido de las inclemencias climáticas, alejado de sustancias altamente inflamables y fuentes de ignición. Se conservará en su embalaje original hasta su utilización.

Es muy importante mantener el producto aislado de la humedad, ya que la fibra de celulosa es un material altamente higroscópico y, aunque protegida por el vehículo aglutinante, es capaz de absorber esta humedad, lo que puede comprometer su desempeño.

Es recomendable no utilizar fibras que han estado expuestas a humedad, incluso si posteriormente han sido secadas, ya que su dispersión en las mezclas puede verse comprometida.

En estas condiciones de transporte y almacenamiento (tanto en almacenes del suministrador, como en los del cliente final), el producto dispone un tiempo máximo de conservación en su envase original de 36 meses.



6.2 Envasado y etiquetado

El producto se comercializa en diversas modalidades de entrega, embalajes y variedad de pesos.

El producto se suministra tanto a granel como en envases pre-pesados, ya sea en Big-Bags (bolsones de 1 m³) o en sacos termofusibles con pesos ajustables a medida. Los envases comúnmente utilizados son Big Bag de 500 kg neto o sacos termofusibles de 3 kg neto.

En todos los casos, se entrega sobre palés homologados y con triple refuerzo de film retractilado para garantizar una mejor protección.

Para el caso del suministro en envases pre-pesados o Big Bag, su etiquetado se realiza por palés y contiene la siguiente información:

- Nombre y código del producto,
- código IR de ubicación del producto,
- tipo de envase,
- peso neto del envase y del palé,
- número de lote y fecha de expedición.

Los albaranes incluyen la siguiente información:

- destinatario de la mercancía,
- dirección y fecha de entrega,
- nombre y código del producto,
- número de expedición y de pedido,
- peso bruto y neto,
- números de lote y cantidad por lote,
- código arancelario,
- tipo de embalaje,
- número de bultos,
- condiciones del suministro (INCOTERMS),
- nombre de la agencia de transporte,
- datos del suministrador.

En todos los suministros se entrega un Certificado de análisis, conjuntamente al albarán de entrega, que incluye la siguiente información:

- nombre y código del producto,
- número de lote,
- color,
- densidad,
- contenido de aglutinante,
- humedad (medido tras producción),
- análisis granulométrico.

El anagrama y n.º DIT se incluye en la Ficha Técnica del producto.

7. PUESTA EN OBRA

7.1 Especificaciones generales

La utilización y puesta (ejecución) en obra de las mezclas fabricadas con este producto debe realizarse por empresas especializadas. Dichas

empresas asegurarán que su utilización se efectúa en las condiciones y campos de aplicación cubiertos por el presente Documento y respetando las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos.

El ámbito de aplicación del producto se centra en cualquier mezcla bituminosa con contenidos de ligante superiores al que la superficie específica de los áridos y el polvo mineral puedan retener, manteniendo un valor de escurrimiento apropiado.

Dichas mezclas bituminosas están destinadas a su empleo dentro de la estructura de un firme, de acuerdo por defecto, con lo regulado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), OC 03/2019, la Instrucción 6.1 IC Secciones de Firme, de la Instrucción de Carreteras y la Instrucción 6.3 IC Rehabilitación de Firmes, de la Instrucción de Carreteras y sus modificaciones consiguientes.

Tipos de mezclas. Las mezclas bituminosas en caliente (o semicalientes) donde se incorporen los microgránulos y todos sus componentes (betún, áridos, polvo mineral) deben cumplir los artículos del actual PG-3 y OC 03/2019:

- 542 (Hormigón bituminoso),
- 543 (Mezclas drenantes y discontinuas),
- 544 (SMA).

De forma general, las fibras no interfieren con la actividad de otros aditivos. En cualquier caso, siempre se debe atender las instrucciones del fabricante del aditivo.

7.2 Forma de uso y aplicación

7.2.1 Diseño de fórmula de trabajo y prueba industrial

En el laboratorio del contratista. El primer paso es determinar la cantidad de producto necesaria en cada mezcla bituminosa, ya que esta puede variar en función de su composición mineral (granulometría combinada, naturaleza, propiedades de los áridos y del polvo mineral), además del tipo y -principalmente- de la dosificación del ligante bituminoso.

Como referencia, se aconseja iniciar los ensayos con un contenido mínimo del producto de 0,30 % en peso sobre mezcla y opcionalmente, también ensayar la mezcla sin adición de producto.

El contratista determina la cantidad exacta de fibra mediante la confección en laboratorio de una mezcla bituminosa con la dosificación y las materias primas adecuadas al proyecto, por defecto, conforme a "Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo" establecido en el PG-3 o OC 3/2019.

Se recomienda contactar con el suministrador de la fibra y seguir las recomendaciones del procedimiento "InfoLAB"⁽¹⁰⁾, como guía práctica de dosificación y

⁽¹⁰⁾ Procedimiento INFOLAB es un documento particular redactado por equipo técnico de Ravago Chemicals como Guía práctica para Laboratorio.



mezclado en laboratorio, que se resume brevemente a continuación:

- Para obtener una efectiva dispersión de la fibra en la mezcla bituminosa es muy recomendable utilizar una amasadora de laboratorio adecuada, que simule el proceso efectuado en la planta asfáltica.
- Se precisa realizar un acondicionamiento previo del producto microgranular, para garantizar su adecuada disgregación y dispersión de la fibra durante esta etapa de amasado en laboratorio:
 - calentar los microgránulos en microondas o en estufa hasta alcanzar la temperatura de consigna⁽¹¹⁾, y
 - desgranular y liberar la fibra, en molinillo, simulando el efecto obtenido durante el amasado en planta asfáltica.
- Confeccionar la mezcla añadiendo los componentes en el siguiente orden: áridos, filler y fibra (acondicionada), para amasado en seco. Por último, incorporar el ligante para el consiguiente mezclado en húmedo. Opcionalmente, el filler puede ser también dosificado después del ligante.

Una vez preparada la mezcla, se determina el escurrimiento conforme a la norma UNE-EN 12697-18⁽¹²⁾, cuyo resultado por defecto debe ser $\leq 0,3$ % salvo otro indicado en el correspondiente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto.

En el caso de obtener un valor de escurrimiento mayor, se debe evaluar un nuevo diseño de mezcla, p.ej. incrementando la cantidad de producto en un 0,10 % y reiniciar la verificación en laboratorio.

El siguiente paso es la elaboración del Ensayo de Tipo de acuerdo con la norma UNE-EN 13108-20⁽¹³⁾ (este paso también puede ser posterior a la prueba industrial de verificación).

En la planta asfáltica. Tras el diseño en laboratorio y una vez establecida la cantidad de fibra requerida, se debe replicar el diseño para verificar la efectividad del proceso industrial con la fabricación de la mezcla en la planta asfáltica y confirmar los resultados obtenidos en el laboratorio.

Se recomienda contactar con el suministrador de la fibra y seguir las recomendaciones del procedimiento "InfoSITU⁽¹⁴⁾" como guía práctica de uso en Planta/Obra, cuyo apartado de fabricación se resume brevemente a continuación:

- Se incorpora la fibra microgranular en la amasadora al mismo tiempo que los áridos.
- Se incrementa el tiempo de amasado en seco en 5 segundos (este tiempo pueden verse fácilmente reducido por la experiencia, incluso a 0 segundos).
- Por último, se incorpora el ligante para su mezclado en húmedo.

Una vez fabricada la mezcla, se confirma el contenido de ligante (UNE-EN 12697-1⁽¹⁵⁾) y el análisis granulométrico (UNE-EN 12697-2⁽¹⁶⁾).

Posteriormente, se determina el escurrimiento conforme a la norma UNE-EN 12697-18, cuyo resultado por defecto deberá ser $\leq 0,3$ %, salvo otro indicado en el correspondiente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto.

En el caso de obtener un valor de escurrimiento mayor, se debe evaluar un nuevo diseño de mezcla, p. ej. incrementando la cantidad de producto en un 0,10 %, y reiniciar la verificación a nivel industrial.

7.2.2 Fabricación de la mezcla para puesta en obra

La incorporación de las fibras durante la fabricación de la mezcla para la puesta en obra se lleva a cabo como se indicó en 7.2.1 "En la planta asfáltica".

Para mayor información se recomienda contactar con el suministrador de la fibra y seguir las recomendaciones del procedimiento "InfoSITU" como guía práctica de uso en Planta/Obra.

Una vez comienza el proceso de fabricación de las mezclas, el fabricante debe indicar por defecto, las condiciones de "Fabricación de la mezcla" conforme a lo requerido en el PG-3 y OC 3/2019.

Del mismo modo, el Contratista debe entregar al Director de las Obras para su aceptación, las características de las mezclas respecto de las siguientes propiedades (determinadas en el ensayo de tipo de acuerdo con la norma UNE-EN 13108-20, mencionada anteriormente) tal y como se establece, por defecto, en los siguientes epígrafes del PG-3 y OC 3/2019:

⁽¹¹⁾ La temperatura de consigna, la elige el productor en función del tipo de mezcla y ligante empleado.

⁽¹²⁾ UNE-EN 12697-18:2018. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 18: Ensayo de escurrimiento del ligante. Método de la cesta (OC 3/2019, 544.2.4).

⁽¹³⁾ UNE-EN 13108-20:2007/AC:2009. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo.

⁽¹⁴⁾ Procedimiento INFOSITU es un documento particular redactado por equipo técnico de Ravago Chemicals como Guía práctica de aplicación y uso.

⁽¹⁵⁾ UNE-EN 12697-1:2022. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.

⁽¹⁶⁾ UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica.



- Contenido de huecos (UNE-EN 12697-8⁽¹⁷⁾) y densidad aparente (UNE-EN 12697-6⁽¹⁸⁾) asociada a ese valor:
AC: epígrafe 542.5.1.2.
PA y BBTM: epígrafe 543.5.1.2.
SMA: epígrafe 544.5.1.2.
- Resistencia a la deformación permanente (UNE-EN 12697-22⁽¹⁹⁾):
AC: epígrafe 542.5.1.3.
BBTM: epígrafe 543.5.1.3. (cuando lo exija el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras).
SMA: epígrafe 544.5.1.3.
- Sensibilidad al agua (UNE-EN 12697-12⁽²⁰⁾):
AC: epígrafe 542.5.1.4.
PA y BBTM: epígrafe 543.5.1.4.
SMA: epígrafe 544.5.1.4.
- Pérdida de partículas (UNE-EN 12697-17⁽²¹⁾):
PA: epígrafe 543.5.1.5.
- Esgurrimiento del ligante (UNE-EN 12697-18):
PA: epígrafe 543.5.1.6.
BBTM B: epígrafe 543.5.1.6 (Cuando lo exija el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el director de las Obras).
SMA: epígrafe 543.5.1.6.

Nota: En las mezclas BBTM A y AC en las que se empleen las fibras, debido a un incremento en la cantidad de betún, es necesario incluir el resultado de este ensayo.

- Módulo de rigidez (UNE-EN 12697-26⁽²²⁾) y resistencia a fatiga (UNE-EN 12697-2⁽²³⁾):
AC – en mezclas de alto módulo: epígrafe 542.5.1.5.

Una vez comienza el proceso de “Fabricación de la mezcla” para su aplicación en obra (PG-3: 542.5.4/ 543.5.4 y OC 3/2019: 544.5.4), se deben realizar los controles indicados en UNE-EN 13108-21⁽²⁴⁾ y los de “Control de calidad” del PG-3 (art. 542.9/ 543.9) y OC 3/2019 (art. 544.9). ”.

7.2.3 Ejecución y control de la mezcla bituminosa

Se seguirán, por defecto, las indicaciones recogidas en el PG-3 y OC 3/2019 para todos los aspectos de “Puesta en obra” de las mezclas diseñadas en lo relativo a:

- Transporte.
- Extensión.
- Compactación.

- Juntas transversales y longitudinales.
- Especificaciones de la unidad terminada.
- Control de recepción de la unidad terminada y criterios de aceptación o rechazo.
- Tramo de prueba.

Es importante verificar visualmente la ausencia de escurrimiento del ligante durante la operación de descarga (desde la caja del camión hasta la tolva de la extendidora).

8. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

La fabricación de mezclas bituminosas con incorporación del producto tiene, según declara el fabricante, una trayectoria de uso continuo y creciente en España desde su introducción en este mercado en el año 2014. Aunque, el fabricante viene suministrando esta tecnología desde 2002 en otros países como Alemania, Suecia, Inglaterra, Países Bajos, Noruega, Turquía, Brasil, Argentina, China, Australia, etc.

El fabricante declara que, en España, se ha empleado en obras de todo tipo, especialmente, autopistas, autovías, aeropuertos, puertos, circuitos deportivos, grandes avenidas urbanas, rotondas y algunas carreteras locales con problemas de baja durabilidad o falta de funcionalidad superficial.

Durante este periodo en España, se acumulan experiencias que suman más de 3 000 000 m² de pavimentos en obras aeroportuarias (AENA) y otros más de 2 500 000 m² en obras viales de concesionarias privadas (ABERTIS), integrando parte de un conjunto superior a 50 proyectos significativos. Se proporcionan las siguientes intervenciones como referencias:

- Pista 32L/14R Barajas Adolfo Suarez (AENA), septiembre 2014, FERROVIAL, 10 000 t de mezcla BBTM-11A.
- Pista 18R/36L Barajas Adolfo Suarez (AENA) marzo 2015, DRAGADOS, 160 000 t de mezcla BBTM-11A.
- B-30 Barcelona E-15 (ABERTIS), octubre 2015, FIRTEC, 30 000 t de mezcla BBTM-11B.
- Rehabilitación del firme (Autoridad Portuaria Huelva), noviembre 2015, OHL – ELSAN, 7 000 t de mezclas SMA-11 y SMA-16.
- AP-2 Zaragoza E-90 (ABERTIS), mayo 2016, UTE PAPSA – SORIGUE, 20 000 t de mezcla BBTM-11B.

⁽¹⁷⁾ UNE-EN 12697-8:2020. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.

⁽¹⁸⁾ UNE-EN 12697-6:2022. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.

⁽¹⁹⁾ UNE-EN 12697-22:2008+A1:2008. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 22: Ensayo de rodadura.

⁽²⁰⁾ UNE-EN 12697-12:2019. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.

⁽²¹⁾ UNE-EN 12697-17:2018. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 17: Pérdida de partículas de probetas de mezclas bituminosas drenantes.

⁽²²⁾ UNE-EN 12697-26:2019. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez.

⁽²³⁾ UNE-EN 12697-24:2019. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 24: Resistencia a la fatiga.

⁽²⁴⁾ UNE-EN 13108-21:2007/AC:2009. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica



- AP-66 León (ITINERE – AUCALSA), Julio 2017, PADECASA, 5000 t de mezclas SMA-16 y SMA-11.
- AP-7 Castellón E-15 (ABERTIS), noviembre 2017, BECSA, 11 000 t de mezcla BBTM-11B.
- Pista 01R/19L Aeropuerto de Fuerteventura (AENA), diciembre 2017, PADECASA 26 000 t de mezcla BBTM-11A.
- Circuito del Jarama (Jarama RACE), agosto 2018, ASFALPASA, 5000 t de mezcla BBTM-11A.
- C-32 Barcelona E-15 (ABERTIS), noviembre 2018, TECNOFIRMES, 20 000 t de mezcla BBTM-11B.

establecidas en el PG-3 (art. 542 y 543), OC 3/2019 (art. 544) y mezclas AUTL conforme UNE-EN 13108-9, dando lugar a mezclas cuyo valor de escurrimiento es $\leq 0,3 \%$.

Con estas fibras cualquier obra realizada con mezclas AC, BBTM, PA y SMA:

- Admite el porcentaje mínimo de ligante que marca el PG-3 (art. 543 y 542) y la OC 3/2019 (art. 544).
- Puede aplicarse en todo el trazado del tramo.

Según declara el fabricante, no tiene efectos nocivos para las personas ni para el medio ambiente.

9. ENSAYOS

9.1 Características del microgránulo

Los ensayos para la identificación de los microgránulos de fibra son los siguientes:

Características	Valores
Contenido en fibra	93 %
Longitud media del gránulo	5 – 8 mm
Grosor medio	4 – 5 mm
Densidad aparente	430 – 510 g/l
Contenido en finos Abrasión del gránulo (Abrasión Tester Quick Test CWZ 302+ (material que pasa el tamiz 2.0 mm)	10 %
Humedad (medido tras producción).	< 5,0 %
Absorción de aceite	600 %

10.2 Limitaciones de uso

Es muy importante mantener el producto aislado de la humedad, ya que la fibra de celulosa es un material higroscópico y, aunque impregnada del vehículo aglutinante, es capaz de absorber esta humedad, lo que puede comprometer su desempeño. Es recomendable no utilizar fibras que han estado expuestas a humedad, incluso si posteriormente han sido secadas, ya que su dispersión en mezcla puede verse comprometida.

En mezclas bituminosas de granulometría densa y/o cerrada, cuyo tamaño de árido nominal es reducido (mezclas ≤ 8 mm, bajos % de árido grueso, másticos, etc.) se puede provocar una dispersión incompleta de las fibras, debido a la insuficiente fuerza de cizalla en la amasadora. En estos casos es preciso verificar si es conveniente un ajuste en los tiempos de amasado. En cualquier caso, siempre atender las instrucciones del fabricante.

9.2 Ensayos de aptitud de empleo

El comportamiento del uso del producto en diferentes tipos de mezclas bituminosas.

Se recomienda que las condiciones y mantenimiento del mezclador sean las adecuadas (estado de los brazos, palas, etc.), ya que este factor afecta a la energía de cizalla durante el amasado y, por tanto, a la correcta dispersión de los microgránulos de fibra.

9.2.1 Ensayos realizados en laboratorio⁽²⁵⁾

Los ensayos y resultados realizados sobre diferentes mezclas bituminosas con fibras realizadas en laboratorio se muestran en Tabla 1.

De igual modo que en el caso anterior, es preciso verificar si es conveniente un ajuste en los tiempos de amasado hasta alcanzar una adecuada dispersión.

9.2.2 Ensayos realizados en obra

Los ensayos y resultados realizados por diferentes laboratorios sobre las mezclas bituminosas con fibras en obras, se muestran en la Tabla 2.

10.3 Gestión de residuos

Para la gestión de residuos generados durante la puesta en obra del sistema, se seguirán las indicaciones del R.D. 105/2008, la reglamentación local y autonómica vigente y aplicable, así como las instrucciones dadas por el suministrador de los mismos para cada componente.

10. EVALUACION DE LA APTITUD DE EMPLEO

10.4 Condiciones de seguimiento

10.1 Cumplimiento de la reglamentación Nacional

La evaluación llevada a cabo muestra cómo el empleo de estas fibras permite fabricar mezclas bituminosas tipo AC, BBTM, PA y SMA, de acuerdo con las especificaciones técnicas

La concesión del DIT está ligada al mantenimiento de un seguimiento anual del control de producción en fábrica del fabricante y si procede de algunas de las obras realizadas. Este seguimiento no significa aval o garantía de las obras realizadas.

⁽²⁵⁾ Los ensayos fueron realizados en los laboratorios del fabricante con la supervisión del IETcc.



10.5 Otros aspectos

10.5.1 Declaración Ambiental de Producto (DAP)

Las fibras de celulosa provienen de una materia prima de naturaleza renovable, que permite fabricar mezclas bituminosas de mayor durabilidad, lo que reduce en una reducción del consumo de materias primas y de la energía invertida en el proceso de construcción y mantenimiento de los firmes.

Además, la celulosa empleada en la fabricación de este producto proviene de papel reciclado seleccionado.

Por otro lado, las mezclas con estas fibras admiten tanto, la fabricación de mezclas a menor temperatura, como la incorporación de tasas de reciclado en la mezcla.

En base a la experiencia del fabricante, la presencia de fibras en la mezcla bituminosa no muestra ningún inconveniente en que esta sea fresada y reutilizada de nuevo. En su reutilización, la nueva mezcla bituminosa debe de pasar los controles oportunos y en función del tipo de mezcla, contenido de material reciclado y contenido de betún, se evaluará la cantidad de fibra nueva requerida (si procede).

11. CONCLUSIONES

Considerando:

- que en el proceso de fabricación se realiza un control de calidad que comprende un sistema de autocontrol por el cual el fabricante comprueba la idoneidad de las materias primas, proceso de fabricación y producto final;
- que la fabricación de los elementos se realiza en empresas que aseguran la calidad requerida y la homogeneidad de los mismos;
- que el proceso de fabricación y puesta en obra está suficientemente contrastado por la práctica;
- los resultados obtenidos en los ensayos y las visitas a obras realizadas;

se estima favorablemente, con las observaciones de la Comisión de Expertos de este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el fabricante.

12. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS

Las principales observaciones formuladas por la Comisión⁽²⁶⁾ de Expertos⁽²⁷⁾ fueron:

- Es muy importante el control exhaustivo del proceso de fabricación de las mezclas bituminosas para garantizar las características del producto final.
- Las fibras no aportan por sí mismas mejora directa de la capacidad mecánica de las mezclas.

⁽⁷⁾ La Comisión de Expertos de acuerdo con el Reglamento de concesión del DIT (O.M. de 23/12/1988), tiene como función, asesorar sobre el plan de ensayos y el procedimiento a seguir para la evaluación técnica propuestos por el IETcc.

Los comentarios y observaciones realizadas por los miembros de la Comisión, no suponen en sí mismos aval técnico o recomendación de uso preferente del sistema evaluado.

La responsabilidad de la Comisión de Expertos no alcanza los siguientes aspectos:

- a) Propiedad intelectual o derechos de patente del producto o sistema.
- b) Derechos de comercialización del producto o sistema.
- c) Obras ejecutadas o en ejecución en las cuales el producto o sistema se haya instalado, utilizado o mantenido, ni

tampoco sobre su diseño, métodos de construcción ni capacitación de operarios intervinientes.

⁽⁸⁾ La Comisión de Expertos estuvo formada por representantes de las siguientes Entidades:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- EMESA 30.
- Fomento de Construcciones y Contratas (FCC).
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Universidad Alfonso X el Sabio.
- Instituto de Ciencias de Construcción Eduardo Torroja (IETcc)



Tipo de mezcla	Tipo de ligante	% de ligante	% de fibra	Escurrecimiento del ligante (%) (UNE-EN 12697-18)
BBTM11B	PMB 45/80-60	6,0	0,30	0,11
BBTM11A	PMB 45/80-65	6,2	0,30	0,18
SMA11	50/70	6,1	0,30	0,21
BBTM11B	PMB 45/80-65	6,3	0,35	0,15
BBTM11A	PMB 45/80-60	6,2	0,30	0,14
SMA16	PMB 45/80-65	5,9	0,25	0,19
BBTM11B	PMB 45/80-65	6,1	0,30	0,12
SMA11	PMB 45/80-65	6,0	0,30	0,15
SMA16	35/50	6,0	0,30	0,17
BBTM11B	PMB 45/80-65	5,9	0,30	0,10
SMA8	PMB 45/80-60	6,4	0,35	0,11
AUTL5,6	PMB 45/80-65	6,2	0,30	0,14
BBTM11A	PMB 45/80-65	6,0	0,30	0,16
AUTL5,6	PMB 45/80-75	6,4	0,40	0,18
SMA11	PMB 45/80-65	6,1	0,30	0,12

Bmin Ligante % Granulos fibras (informe)	Contenido en Huecos (%) (UNE-EN 1697-30 (50 golpes) y 12697-8)	Densidad [g/cm ³] (UNE-EN 12697-6)	Ensayo de rodadura ⁽²⁸⁾ (UNE-EN 12697-22)	Sensibilidad al agua (%) (UNE-EN 12697-12 Método A a 15 °C)	Escurrecimiento del ligante (%) (UNE-EN 12697-18)
Requisitos del PG-3 y OC 3/2009	(requisito)	ND	WTS _{AIR} ≤ 0.07	ITSR ≥ 90 %	< 0,3 %
SMA11: PMB 45/80-65: B _{min} 5,7 % s/m 0,3 % fibras (PADECASA, 4A265)	6,9 (4 – 8)	2,31	0,036	93,2	0,15
BBTM11A PMB 45/80-65: Bmin 6,3 % s/m 0,3 % fibras (FIRTEC: AP-7, 138+600 al 147+500)	4,2 (> 4)	2,34	0,06	93,5	ND
BBTM11B PMB 45/80-65: Bmin 6,1 % s/m 0,3 % fibras (160230 EPTISA)	12,3 (> 12)	2,18	0,05	92,0	0,22
AUTL5,6: PMB 45/80-65: Bmin 6,3 % s/m 0,3 % fibras (PADECASA 1903027)	8,3 (4-10)	2,28	NP	90,4	0,2
SMA 16 BIN 50/70 0,3 % fibras.(4016/20/005 Euroconsult)	5,4 (4 – 8)	2,33	0,083	91,0	0,1
BBTM11A PMB 45/80-65C: Bmin 5,8 % s/m 0,15 % fibras (TECOPSA-PADECASA 1711100)	5,8 (> 4)	2,34	0,017	91,2	ND
BBTM11A PMB 45/80-65: Bmin 6,2 % s/m 0,4 % fibras (EUROCONSULT 11/001-000616/15/12)	6,4 (> 4)	2,32	0,038	96,0	ND
SMA11 Surf: PMB 45/80-75: B _{min} 5,9 % s/m 0,3 % fibras. (COLLOSA, Tramo renovación firm CL-507 Sanchidrián)	4,4 (4 – 8)	2,40	0,035	94,7	0,16
SMA11 Surf: PMB 45/80-65: B _{min} 5,8 % s/m 0,3 % fibras (CEMOSA O/17-18/002446/1)	5,8 (4 – 8)	2,34	0,024	95,5	0,1
SMA11 PMB 45/80-65: B _{min} 5,7 % s/m 0,3 % fibras (CEMOSA O/2001653/1/011)	5,6 (4 – 8)	2,35	0,052	90,4	ND
SMA11 SURF PMB 45/80-65: B _{min} 5,8 % s/m 0,35 % fibras (EUROCONSULT 09/001-000324/20/077)	5,8 (4 – 8)	2,33	0,037	92,0	0,1

⁽²⁸⁾ **Ensayo de rodadura (resistencia a la deformación permanente)** (UNE-EN 12697-22, dispositivo pequeño, procedimiento B, 60 °C, 10 000 ciclos). Las probetas se preparan con el dispositivo de rodillo de acero (UNE-EN 12697-33) con una densidad ≥ 98 % de la obtenido en probetas cilíndricas (UNE-EN 12697-30) aplicando 50 golpes El valor resultante de la pendiente media de deformación cumple las especificaciones recogidas en el PG-3 y OC 3/2019.

- para categorías de tráfico pesado T00 a T1 en cualquier zona térmica estival y en capa de rodadura e intermedia, y para categoría de tráfico pesado T2 en capa de rodadura en zona térmica estival cálida y media; ≤ 0,07.
- para el resto de opciones (categorías de tráfico pesado – zona térmica estival - capa) ≤ 0,10.

