

# ASFALTO

## Y pavimentación

Número 33 · Volumen IX · Segundo trimestre · 2019

número **33**





# Garantía en firme

Quien está acostumbrado a acometer grandes proyectos sabe que confiar en Galp significa tranquilidad para su obra. Desde combustibles a fuelóleo, pasando por los betunes e incluso lubricantes, Galp garantiza un servicio y acompañamiento técnico orientado al cliente, siempre aportando la mejor respuesta en los momentos críticos. Una seguridad que sólo alguien que trabaja mano a mano con el cliente puede ofrecer.

**Use nuestra energía y ¡manos a la obra!**

Tel: 91 714 67 00 - Fax: 91 714 68 29  
Email: [buzon.espana@galpernergia.com](mailto:buzon.espana@galpernergia.com)

[galp.es](http://galp.es)

galp  energía crea energía



Número 33 · Volumen IX  
Segundo trimestre · 2019

#### ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

##### Director

Juan José Potti

##### Comité de Redacción

María del Mar Colás,  
Andrés Costa, Jesús Felipo,  
Jacinto Luis García Santiago,  
Lucía Miranda, José Luis Peña,  
Nuria Querol, María del Carmen Rubio,  
Ángel Sampedro, José Antonio Soto

##### Secretario

Andrés Pérez de Lema

##### Coordinador

Francisco Muriel

##### Secretaría

Lies Ober

##### Editorial Prensa Técnica, S. L.

Castiello de Jaca, 29 3º Puerta 2  
28050 Madrid  
Tel. 91 287 71 95  
Fax 91 287 71 94  
Directo 629 877 460  
www.asfaltopavimentacion.com  
asfalto@asfaltopavimentacion.com

##### Suscripción anual (4 números)

España: 10 €  
Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189  
Depósito Legal: M21967-2011

Prohibida la reproducción, total o parcial,  
de los contenidos aparecidos en esta  
publicación sin previa autorización  
por escrito.

Las opiniones vertidas en esta revista  
son de responsabilidad exclusiva  
de sus autores, sin que Editorial Prensa  
Técnica, S. L. los comparta  
necesariamente.

# Sumario

Número 33 · Volumen IX · Segundo trimestre · 2019

## Editorial

Reflexiones sobre "La oferta económicamente más ventajosa"

05

## Tribuna

José Jorge López Urtusuástegui

07

## Tribuna

José Luis Peña

09

## Tribuna

Charo Cornejo

11

## Control térmico de mezclas bituminosas: Un elemento básico en la mejora de las prestaciones de los pavimentos asfálticos

13

José Luis Peña

## Secciones fijas

Descripción de ensayos para mezclas bituminosas, Calendario

27

## Patologías de los Pavimentos

Andrés Costa

31

## Reducción de los costes sociales y ambientales de las mezclas LIFE-SOUNDLESS.

David García Ruiza - M<sup>a</sup> del Carmen Pastrana Zambrana -  
M<sup>a</sup> Elena Hidalgo Pérez - Miguel Angel Morcillo López -  
Manuel Ignacio Gonzalez Hernández - M<sup>a</sup> Begoña Arroyo  
Martínezb - Juana Torres Pérez - Fundación CIDAUT -  
Dirección General de Infraestructuras - Eiffage Infraestructuras S.A.

39

## Secciones fijas

Normativa, Noticias, Mirando al Pasado,  
Lecturas recomendadas, I+D, Digitalización del Sector,  
Afirmaciones asfálticas

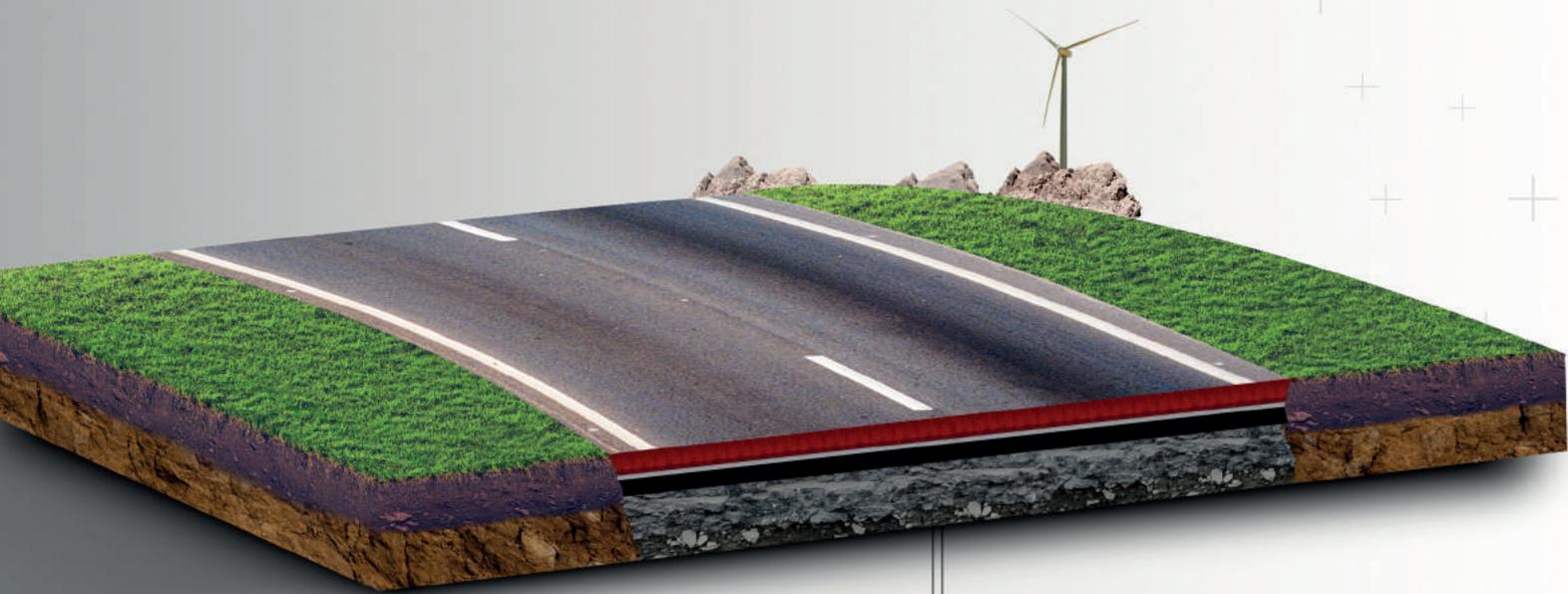
49



# NUEVA GAMA DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Gracias a la **nueva y mejorada Gama de Emulsiones de Cepsa**, disfruta de soluciones específicas para cada aplicación y optimiza las prestaciones de cada tratamiento.

INFÓRMATE EN **[cepsa.es/asfaltos](http://cepsa.es/asfaltos)**



Riegos de adherencia  
Otros riegos auxiliares  
Microaglomerados y Lechadas  
Mezclas templadas

Riegos de adherencia termoadherente  
Tratamientos superficiales con gravilla  
Mezclas bituminosas en frío  
Reciclados con emulsión

**CEPSA**

*Tu mundo, más eficiente.*

# Reflexiones sobre “La oferta económicamente más ventajosa”

La nueva Ley de contratos del sector público establece en su preámbulo que *“los objetivos que inspiran la regulación contenida en la presente Ley son, en primer lugar, lograr una mayor transparencia en la contratación pública, y en segundo lugar el de conseguir una mejor relación calidad-precio.”*

*Para lograr este último objetivo por primera vez se establece la obligación de los órganos de contratación de velar por que el diseño de los criterios de adjudicación permita obtener obras, suministros y servicios de gran calidad, concretamente mediante la inclusión de aspectos cualitativos, medioambientales, sociales e innovadores vinculados al objeto del contrato”.*

También en el objeto y finalidad de dicha Ley se incide en que se deben salvaguardar *“los principios de libertad de acceso a las licitaciones, publicidad y transparencia de los procedimientos, y no discriminación e igualdad de trato entre los licitadores; y de asegurar, en conexión con el objetivo de estabilidad presupuestaria y control del gasto, y el principio de integridad, una eficiente utilización de los fondos destinados a la realización de obras, la adquisición de bienes y la contratación de servicios mediante la exigencia de la definición previa de las necesidades a satisfacer, la salvaguarda de la libre competencia y la selección de la oferta económicamente más ventajosa”.*

La experiencia actual se basa en licitaciones en las que el peso de las ofertas económicas es el factor fundamental lo que limita en muchos casos la aplicación del concepto de “oferta económicamente más ventajosa”.

Bajo el impulso de esta declaración de principios contenida en la Ley de contratos del sector público están teniendo lugar importantes cambios en el sector de la carretera sobre los que conviene hacer una serie de reflexiones. Así, las últimas licitaciones del Ministerio de Fomento para la rehabilitación superficial o estructural de carreteras (las conocidas en el sector como obras con clave 32) se están incluyendo criterios técnicos, reduciendo el impacto de las ofertas económica en las adjudicaciones. A lo largo del mes de abril están teniendo lugar las primeras aperturas de ofertas de contratos que contienen estos nuevos criterios.

Paralelamente la reciente aprobación del Plan de Con-

tratación Pública Ecológica de la Administración General del Estado abre las puertas al uso de criterios medioambientales en las licitaciones. El sector de la pavimentación asfáltica desde hace muchos años ha sido un abanderado de las mejoras medioambientales, siendo el fresado de pavimentos asfálticos uno de los 5 materiales más reciclados/reutilizados en España, con 470.000 t recuperadas en 2017.

Tanto la inclusión de criterios técnicos como medioambientales suponen un espaldarazo a la innovación, ya que permiten a las empresas ofrecer sus nuevos desarrollos a los clientes (administraciones públicas) para el disfrute de los ciudadanos al utilizar las carreteras, que son, aunque muchas veces parece que lo olvidamos, el principal medio de movilidad de personas y bienes.

Pero bajo este aparente panorama idílico aún quedan importantes retos que alcanzar y que de no conseguirse pueden convertir todos los principios anteriormente expresados en agua de borrajas.

La primera crítica vendría referida a la compra pública innovadora (CPI). A pesar del ingente esfuerzo realizado por todos los integrantes del sector de la carretera, su uso sigue siendo anecdótico, con unos plazos de aplicación tan dilatados en el tiempo que desaniman a los innovadores.

Inicialmente se pensaba que la mayor limitación sería el apoyo económico, pero la realidad ha demostrado que las mayores limitaciones provienen del cambio cultural que se exige en el personal de las administraciones públicas. Casos recientes de partidas presupuestarias destinadas a CPI que ha quedado prácticamente intactas abundan en la idea del cambio cultural.

Muy posiblemente, hoy en día el mayor esfuerzo tendría que dedicarse a una tarea de formación y difusión de la CPI a ciertos niveles del personal técnico y de los servicios de contratación de las administraciones públicas. Existe un potencial innovador excepcional pero que choca con un muro debido a la falta de facilidades existentes.

Sin quitar hierro al asunto, el desarrollo de la CPI “va por barrios”. Así, mientras el sector de la sanidad continúa liderando su aplicación, la iniciativa concreta de organismos como la Agencia Gallega de Innovación (GAIN) ha hecho que actuaciones como el polo de desarrollo de vehículos no tri-

pulados se haya convertido en un punto de referencia.

El sector de la carretera puede catalogarse de alumno aventajado en el uso de la CPI, pero más bien por demérito de otros sectores que por méritos propios y, sin ánimo de señalar con el dedo, no es el sector que genera innovación el que está limitando este proceso de desarrollo de la CPI.

Pero como ya se citó anteriormente, también el uso de criterios técnicos y medioambientales son un foco de generación de innovación por lo que la promoción de dichos criterios de valoración es una fuente de mejora. A la hora de su aplicación dos son los elementos que más pueden limitar su uso.

El primero es cómo encontrar criterios objetivos de valoración, lo que nos hace retrotraernos a una cuestión más fundamental: definir criterios más basados en prestaciones funcionales en lugar de tutelar hasta el último punto y coma las especificaciones técnicas de materiales y métodos de aplicación. Esto obliga a una mayor transparencia y confianza entre las administraciones públicas y proveedores, hecho que aún está muy lejos de ser realidad.

La segunda limitación está referida al uso de criterios medioambientales. En la última década el sector de la pavimentación se ha convertido en el referente sectorial a la hora de realizar evaluaciones ambientales. Sin embargo, la valoración de los criterios ambientales debe ir de la mano de las prestaciones técnicas, ya que se pueden producir contradicciones debidas, muy especialmente, al uso de límites del sistema y periodos de evaluación distintos.

Como conclusión, la innovación es la corriente que subyace bajo el principio de “oferta económicamente más ventajosa”. Los ciudadanos reclaman los mejores productos y servicios al mejor precio, las administraciones públicas son los encargados de dar curso a estas demandas y el sector generador de innovación quien debe ser capaz de dar a luz nuevas ideas, cuanto más disruptivas mejor. Podemos verlo como una utopía o ponernos manos a la obra, aportando cada uno de nosotros nuestra mejor actitud y conocimiento.

# LA COMUNIDAD DEL ASFALTO



Estamos muy cerca de encontrarnos de nuevo. En la gran fiesta que llamamos con gran ilusión y cariño “el CILA”, una fiesta que significa compartir y ver amigos, que aprovecha el foro técnico más importante de Iberoamérica, donde el mundo asfáltico nos une en voluntades y curiosidad.

La sensación de que el mundo Iberoamericano se encuentre en tantas coincidencias a pesar de un territorio tan vasto, pero ahí todos juntos como uno, donde con gran orgullo presentamos nuestras experiencias para nuestros colegas y el mundo.

Cuánto le debemos a dos hombres, cuyos nombres son más grandes que estas palabras y cuyo legado será imborrable en la historia. Gracias.

El tiempo pasa muy rápido cuando lo pasamos bien, con camaradas y así han pasado 40 años en el Congreso Iberoamericano del Asfalto, 40 años que han volado y nos han inspirado a ser mejor profesionales, camineros y asfalteros, que rápido pasa el tiempo cuando lo estamos pasando bien.

Y así, vamos a celebrar el XX CILA al estilo Iberoamericano con todo el sabor mexicano.

Desde hace más de 500 años la historia encontró a Europa y América, conquistadores y conquistados, hemos tenido diferencias, aprendizaje, evolución y al final quien es el conquistado y quien el conquistador y en CILA todos somos familia con una meta común, conectar el mundo con calidad y asfalto.

Avanzando hacia el futuro en el presente, reconociendo que tenemos la responsabilidad de aportar en el cuidado del planeta, el reto es enorme. La huella del CILA es hacia un

mejor futuro.

Exploremos el arte de la comunicación, no puede seguir siendo una labor silenciosa, debemos llevar la voz del asfalto a todos los rincones, así como los caminos nos conectan, demos voz a nuestras carreteras, hablemos por ellas para que hablen por nosotros.

En el CILA hablamos del pasado, vivimos el presente y proyectamos el futuro. Que gran sueño el de estos hombres que nos regalaron esta oportunidad. Somos afortunados de vivir el sueño, que haremos con su legado. El CILA es un lugar de amigos.

Ya no solo el congreso más grande, importante e influyente de Iberoamérica, ha traspasado sus fronteras y el empuje de nuestra raza unida se escucha en el mundo.

Y como latinos que se precien de ser, la fiesta se disfruta y buscamos como estar juntos y para recordar lo que hemos hecho y empezar a disfrutar lo que vamos a hacer tenemos el Inter CILA, evento que desde Madrid nos acercará desde Colombia hasta México haciendo que esta orgullosa comunidad Iberoamericana haga la primer escala en dirección al XX CILA en Guadalajara, México, disfruten el camino. Los esperamos en noviembre.

Vive el Asfalto...

# RAP-5V

Las mezclas asfálticas  
pueden ser  
100% regeneradas

Rejuvenecedor líquido vegetal de nueva generación, diseñado para fabricar mezclas recicladas en caliente con RAP/ RAS en cantidades variables y utilizando el mismo ligante convencional 35/50 o 50/70.

Para cualquier información adicional, contactar con [asphalt@ravagochemicals.com](mailto:asphalt@ravagochemicals.com) o visitar nuestro sitio web: [www.ravagochemicals.com](http://www.ravagochemicals.com)



ravasol<sup>TM</sup>  
ASPHALT

Your road to solution

# Innovacarretera 2019: El espacio de los innovadores



**José Luis Peña**

Plataforma Tecnológica Española de la Carretera

 @joluperd

El mantra de la innovación nos rodea continuamente pero ¿cuánto hay de realidad y cuánto de buenas intenciones en el hecho de que innovar puede ser la solución a muchos de los problemas que afronta nuestra sociedad?

Es difícil encontrar en el sector de la carretera indicadores fiables que asocien el esfuerzo en I+D+i al nivel de innovación, entendida ésta como llegada al mercado, pero sí sabemos que a pesar de la crisis económica el sector de la carretera ha continuado invirtiendo en I+D+i.

Uno de los frenos de la llegada al mercado es la práctica exclusividad que las administraciones públicas tienen como compradores en dicho mercado, lo que unido a procedimientos de licitación no muy proclives a incluir elementos tecnológicos en los criterios de valoración de las ofertas hace que la cantidad y la calidad de innovación queden bastante mermadas.

A pesar de estas rémoras y de un entorno económico sectorial con unos niveles de inversión bajo mínimos, es necesario seguir impulsando la innovación porque, y en este punto hay bastante consenso, está en marcha una auténtica revolución en la movilidad por carretera debido a la irrupción simultánea de: vehículos automatizados/autónomos, la electrificación de los mismos, sistemas de telecomunicaciones de altísima velocidad (5G) y una presión social para disminuir las emisiones de gases contaminantes. Todo ello genera un cocktail explosivo del que los grandes beneficiados van a ser los ciudadanos corrientes que van a tener a su disposición una capacidad de movilidad extra y de altísima calidad. Eso sí, España puede aprovechar esta revolución de la movilidad o quedarse en su segundo plano esperando a ver qué ocurre en otros países, con el problema que ello supo-

ne para las empresas y el mundo de la ciencia españolas.

Volviendo a la necesidad de que la I+D+i se convierta en innovación, una forma de conseguir animar a los potenciales compradores (administraciones públicas) es facilitando un escaparate en el que puedan “ver, oír y tocar” las propuestas que los generadores de ideas (empresas, universidades y centros tecnológicos). Ese modelo de interacción fue el que tomó el evento Innovacarretera desde su creación en 2011 y continuando con la misma filosofía el 29 de octubre se celebrará en Madrid (Nave Boetticher) la V edición.

En esta nueva edición el foco central estará de nuevo sobre los demostradores tecnológicos que permiten a cualquier organización que quiera mostrar una nueva tecnología o producto exponer en público e interactuar con los asistentes. La configuración de la Nave Boetticher permite albergar desde grandes instalaciones hasta elementos de pequeñas dimensiones por lo que se facilita mucho el poder presentar propuestas de lo más diversas.

Pero no solo los demostradores tecnológicos coparán la actividad de Innovacarretera 2019, sino que otras muchas actividades relacionadas con el mundo de la tecnología tendrán cabida en el evento.

Desde la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera animamos a los innovadores a mostrar sus mejores galas y hacer visibles sus desarrollos más impactantes. En Innovacarretera 2019 <https://www.ptcarretera.es/innovacarretera-2/innovacarretera-2019/> podrán encontrar todas las facilidades para poder dar a conocer sus nuevas tecnologías y encontrar potenciales “usuarios”.

# VIATOP®

Liderando las SMA  
desde 1988

inside

VIATOP®

RETENMAIER IBÉRICA  
S.L. Y CIA. S. COM.



Fibras diseñadas  
por la naturaleza  
Una compañía del grupo JRS

C/ Travesera de Gracia 56, 2º 2ª  
08006 Barcelona  
Tf. 933 262 880 · Fx. 933 262 897

[www.jrsiberica.com](http://www.jrsiberica.com) · [Info@jrsiberica.com](mailto:Info@jrsiberica.com)

# Prólogo a la monografía de ASEFMA sobre diseño de mezclas bituminosas



**Mª del Rosario Cornejo**  
Directora Técnica de la  
Dirección General de Carreteras  
del Ministerio de Fomento

 @chcarribas

En primer lugar quiero agradecer a Asefma en la persona de Juanjo Potti el encargo de prologar esta monografía, la número 19 de su colección. Una larga colección que demuestra la pujante actividad de los Grupos de Trabajo de Asefma. 19 monografías en 12 años revela una clara vocación de los técnicos que participan en cada uno de los 6 Grupos de Trabajo por avanzar en el conocimiento técnico y en su divulgación.

Quizás sea la monografía más trascendente de todas las que ha realizado Asefma. Proponer una nueva metodología de diseño de mezclas parece plenamente justificado por todas las razones que se expresan en los antecedentes pero no todos los países tienen el coraje, la ambición y la capacidad de abordar este desafío. Sin lugar a dudas, pocos países en el mundo pueden contar con un plantel de técnicos similar a los que han colaborado en este titánico trabajo.

Los cambios introducidos como consecuencia del mercado CE en las mezclas bituminosas tuvieron una implicación que fue más allá del cambio de nomenclatura o especificaciones. La evaluación de algunas propiedades de las mezclas mediante normas de ensayo europeas, diferentes a las que se habían empleado hasta ese momento en España, obligó a establecer unas prescripciones nuevas adaptadas a los nuevos parámetros de caracterización, que supusieron nuevos métodos de ensayo y nuevas especificaciones de las mezclas, que originaron la modificación de varios artículos del PG-3, primero como Orden Circular en 2008 y finalmente, una vez cumplidos todos los trámites reglamentarios, como Orden Ministerial en diciembre de 2014.

Por ello me parece tan oportuna, a la vez que necesaria, esta publicación abordando una ambiciosa tarea, el desarrollo de una metodología de diseño de las mezclas bitumino-

sas.

El modo en que se presenta esta monografía resulta muy claro y muy práctico. Se ha subdividido en tres partes: Parte 1 Estado del arte, Parte 2 Prestaciones funcionales y

Parte 3 Criterios de diseño. La parte final de esta publicación se dedica a mostrar una serie de ejemplos concretos que sin lugar a dudas, ayuda a comprender mejor la forma correcta de aplicar esta nueva metodología de diseño de mezclas bituminosas “made in Spain” o “made in Asefma”.

Según he podido saber, hasta llegar aquí han pasado más de 4 años de reuniones de muchos técnicos de las organizaciones que participan en Asefma y de la colaboración adicional de ALEAS (Asociación de Laboratorios de Entidades Asociadas a Asefma). Mucha gente, muchas reuniones y mucho esfuerzo. Eso es evidente, pero además mucha calidad por parte de las personas implicadas.

Leo al inicio de este texto que han participado como autores (por orden alfabético): Andrés Costa, Alberto Bardesi, Aurelio Ruiz, Félix E. Pérez, Jesús Felipe, Juan José Potti y Julio del Pozo. Sin lugar a dudas, nombres que por si mismos representan y acumulan muchísima experiencia en el diseño de mezclas bituminosas. Además han contado con la colaboración de varios técnicos de ALEAS: Baltasar Rubio, Emilio Moreno, Javier Loma, José Luis Peña, José Antonio Soto, Manuel Montero, Mª Elena Hidalgo y Marisol Barral. En la revisión han colaborado por parte del mundo universitario: Miguel Ángel del Val, Ángel Sampedro, Rodrigo Miró, Mari Carmen Rubio y Daniel Castro. La unión de todos ellos representa un grupo excepcional en cuyo seno se han compartido muchos años de experiencias sobre las mezclas bituminosas, lo que ciertamente supone una dedicación muy especial y vocacional al bienestar de sus conciudadanos.

Desde mi responsabilidad actual voy a impulsar una mesa de trabajo con la participación de los técnicos de la Dirección General de Carreteras que valoren y consideren la aplicación de los criterios de diseño que se proponen en esta monografía. Quiero terminar agradeciendo el esfuerzo realizado, felicitando a Asefma por su trabajo y animando a que sigan produciendo iniciativas que permitan avanzar en el conocimiento global de los técnicos de carreteras del mundo.

En **Ferrovial Agroman** y **Ditecpesa** apostamos firmemente por la economía circular, aportando betunes asfálticos específicos para lograr:

- Una primera etapa donde se utilizan los materiales de larga duración; “betún modificado para climas extremos” como en el refuerzo de la A2 tramo Calatayud – Alfajarín en Zaragoza.
- Una segunda etapa reutilizando los pavimentos; “planta asfáltica con unidad industrial específica de reciclado”, como el refuerzo de la A-66 en León.
- Una tercera etapa reciclando materiales; “betunes modificados con polvo de neumático” procedente de 60.000 neumáticos, utilizados en la variante entre Beas y Trigueros en la N-435 en Huelva.

Optimizamos la eficiencia de producción, siendo capaces de suministrar hasta 300 t/día de betún modificado durante 10 días, para el refuerzo de la pista del Aeropuerto Madrid Barajas Adolfo Suárez.

**Ditecpesa** es una empresa dedicada al desarrollo, fabricación y comercialización de productos asfálticos; betunes asfálticos, betunes asfálticos modificados con polímeros y emulsiones, desde el año **1988**.

Contacto en:  
[ditecpesa@ferrovial.com](mailto:ditecpesa@ferrovial.com)  
+34 91 879 69 30  
[www.ditecpesa.com](http://www.ditecpesa.com)



# Crecimiento basado en la Innovación

# ditecpesa

Una empresa Ferrovial

# Control térmico de mezclas bituminosas: Un elemento básico en la mejora de las prestaciones de los pavimentos asfálticos

José Luis Peña,  
jlpena@asefma.com.es

A la hora de implantar la filosofía de economía circular, uno de los principios básicos es la reducción de impactos ambientales en todo el ciclo de vida de los productos y servicios. Uno de los caminos para reducir los impactos es conseguir aumentar la durabilidad de los materiales. En el caso de los pavimentos asfálticos, numerosos estudios correlacionan la durabilidad de los mismos con las condiciones de fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas.

En el caso particular de las mezclas bituminosas en caliente, siendo extensivo aún más si cabe a las mezclas semicalientes y templadas, sus propiedades finales una vez compactadas dependen en gran manera del historial térmico al que han sido sometidas.

Cada tipo de mezcla bituminosa requiere de una determinada temperatura de fabricación y tiene unos periodos de manejabilidad y compactibilidad asociados a las temperaturas de puesta en obra. Todas estas temperaturas específicas deben ser detalladas y aplicadas debidamente en las obras de pavimentación.

El control de la temperatura de las mezclas bituminosas no es nada nuevo, pero sí lo es la constatación experimental de que en muchas obras existen problemas de segregación térmica con orígenes diversos que afectan de forma clara a la durabilidad. La aparición de nuevos equipos de medición está permitiendo cuantificar los rangos de variabilidad que pueden ser aceptables sin que las prestaciones funcionales de los pavimentos asfálticos se vean mermadas.

El control de calidad térmico no solo se puede llevar a cabo con equipos de medida de última generación, también es posible conseguir información fiable y útil con procedimientos de medida sencillos siempre que se apliquen una serie de criterios básicos en las mediciones.

Este artículo se centra en las posibilidades que existen para llevar a cabo un control térmico adecuado de las mezclas bituminosas, que permiten conducir a la optimización de sus prestaciones mecánicas y funcionales desde métodos experimentales sencillos hasta los más complejos, cercanos al concepto de Industria 4.0

**Palabras Clave:** Control térmico, mezclas bituminosas, termómetros, control de calidad, segregación térmica, temperatura

When implementing the methodology of circular economy, one of the basic principles is the reduction of environmental impacts throughout the life cycle of products and services. One of the ways to reduce impacts is to increase the durability of materials. In the case of asphalt pavements, many studies correlate the durability of the same with the conditions of manufacture and paving of bituminous mixtures.

In the specific case of hot bituminous mixtures, and even more for warm and hal-warm mixtures, the final properties of the compacted bituminous mixtures depend to a large extent on the thermal history to which they have been subjected.

Each type of bituminous mixture requires a certain manufacturing temperature and has ranges of handability and compactibility associated with the paving temperatures. All these specific temperatures must be detailed and properly applied in the paving works.

The control of the temperature of bituminous mixtures is nothing new, but there is the experimental

# Control térmico de mezclas bituminosas: Un elemento básico en la mejora de las prestaciones de los pavimentos asfálticos

assessment that in many works there are problems of thermal segregation with diverse origins and that clearly affect the durability. The appearance of new measuring equipment is making it possible to quantify the ranges of variability that may be acceptable without the functional performance of the asphalt pavements being reduced.

The thermal quality control can not only be carried out with state-of-the-art measurement equipment, it is also possible to obtain reliable and useful information with simple measurement procedures provided that a series of basic criteria are applied in the measurements.

This communication focuses on the possibilities that exist to carry out an adequate thermal control of bituminous mixtures and that can lead to the optimization of the mechanical and functional performance of the same, from simple experimental methods to the most complex, close to the concept of Industry 4.0.

**Keywords:** Thermal control, bituminous mixtures, thermometers, quality control, thermal segregation, temperature

## 1. Introducción

Bajo la denominación de mezclas bituminosas podemos encontrar un gran variedad de productos en función de las diversas combinaciones de ligantes, áridos y aditivos. Todas ellas tienen un diseño funcional similar: los áridos son recubiertos de ligantes bituminosos para conseguir que la mezcla tenga unas prestaciones homogéneas en el volumen que ocupa en el pavimento.

Para conseguir el recubrimiento homogéneo de los áridos por parte de los ligantes bituminosos es necesario que su viscosidad sea la adecuada. Teniendo en cuenta que los betunes de pavimentación a temperatura ambiente son sólidos viscoelásticos parece difícil recubrir un sólido irregular y de gran superficie específica, como son los áridos de las mezclas bituminosas, con un material de esas características. ¿Cómo podemos conseguir la reducción de viscosidad?. En esencia dos son los métodos (aunque, como veremos posteriormente, existen métodos complementarios): calentar el ligante bituminoso o emulsionarlo.

Hasta hace no muchos años, el uso de ligantes emulsionados marcaba la distinción entre mezclas bituminosas en frío y mezclas bituminosas en caliente. Con la aparición de diversas tecnologías de fabricación a baja temperatura, dicha distinción ya no es tan evidente. Por ejemplo, las mezclas templadas con emulsión exigen el calentamiento de los áridos y/o del ligante pero éste sigue siendo una emulsión.

Otro procedimiento que debe destacarse como forma de reducir la viscosidad de los ligantes bituminosos es el uso de la espumación, que consiste bien en inyectar agua y aire al be-

tún caliente o bien en aportar agua en los áridos de forma controlada.

Como podemos ver, el mundo de la pavimentación asfáltica dispone de un conjunto de tecnologías que permiten la aplicación de las mezclas desde temperatura ambiente hasta aproximadamente 180°C.

En términos prácticos, la gran mayoría de mezclas bituminosas pertenecen a la categoría de mezclas en caliente y mezclas semicalientes, existiendo un mercado especializado para las mezclas templadas y las mezclas en frío. Las reflexiones y conclusiones que se exponen en este trabajo son válidas para las mezclas bituminosas en caliente, semicalientes y templadas.

Una vez conseguido un adecuado recubrimiento de los áridos por parte de los ligantes bituminosos, la fase siguiente del proceso productivo es el transporte y posterior extendido de las mezclas bituminosas. Llegados a este punto, el objetivo práctico de proceso de puesta en obra va orientado a maximizar las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas, tanto a corto como a largo plazo.

Como ya se ha indicado, los ligantes bituminosos se calientan para facilitar el recubrimiento de los áridos mediante la reducción de su viscosidad. Así, podría deducirse que calentar los ligantes bituminosos es intrínsecamente bueno. Nada más lejos de la realidad: el calentamiento de los ligantes genera una serie de efectos perniciosos en la mezcla bituminosa que se detallan a continuación:

- Al calentar los ligantes éstos se oxidan, lo que afecta negativamente a su durabilidad.
- El proceso de calentamiento de los ligantes genera vapores que pueden suponer un riesgo para la salud

de los trabajadores.

- Un calentamiento excesivo y su consiguiente bajada de viscosidad puede generar escurrimiento del ligante durante la fase de transporte y puesta en obra y, por tanto, pérdida de prestaciones del producto final o condiciones indeseables durante su vida de servicio.
- Calentar supone un gasto energético y sus consecuentes emisiones.

Por lo tanto, debemos alcanzar un equilibrio entre reducir la viscosidad del ligante para conseguir un buen recubrimiento de los áridos y no usar un calentamiento excesivo que provoca los inconvenientes anteriormente citados. De esta manera, desde el punto de vista de la fabricación disponemos de una “ventana de operación” en lo relativo a la temperatura de los áridos y de los ligantes.

Desde el punto de vista de prestaciones mecánicas de las mezclas bituminosas, partiendo de un diseño de formulación adecuado, el obtener el máximo de las propiedades mecánicas asociadas a una formulación dada depende en gran manera de la densidad alcanzada al finalizar el proceso de compactación, siendo la temperatura un parámetro fundamental en dicho proceso de densificación de la mezcla extendida.

En cuanto al objetivo de conseguir la máxima densidad, cuanto mayor es la temperatura de la mezcla bituminosa más fácilmente se pueden conseguir la densificación de la mezcla debido a la menor viscosidad del ligante. Hemos de recordar que las mezclas bituminosas se pueden compactar hasta que la temperatura sea tan baja que haga incrementar sustancialmente la viscosidad del ligante bituminoso o, mejor dicho, del mástico bituminoso. Tan solo hay un inconveniente en compactar mezclas en caliente (especialmente aquellas mezclas que no basan de forma mayoritaria su comportamiento en la fricción interna de los áridos y que se aplican en espesores medios y altos, como es el caso de muchas mezclas AC): si la temperatura es demasiado alta o, lo que es lo mismo, el ligante es demasiado fluido se produce el efecto de formación de “olas” al paso de los compactadores.

Desde un punto de vista reológico, en las mezclas bituminosas no encontramos betún sino másticos bituminosos: la mezcla de betún y polvo mineral. Esta distinción es especialmente importante porque dependiendo del tipo de polvo mineral, su interacción con el betún puede ser especialmente des-

tacada. El caso más extremo es el caso de la cal que exige un procedimiento de dosificación específico.

Resumiendo, la facilidad intrínseca con la que una mezcla bituminosa se puede compactar depende de varios factores: tipo de ligante bituminoso, características reológicas del mástico bituminoso, la estructura mineral de la mezcla y el procedimiento de fabricación. Al haber tantas variables es difícil predecir cuál es el rango de temperatura óptimo para cada tipo de mezcla. Desgraciadamente tampoco se dispone de ensayos que permitan identificar adecuadamente dicho rango. Tan solo el ensayo de compactabilidad (UNE EN 12697-10) proporciona una cierta información relevante sobre cómo influyen factores como la temperatura o el espesor de las probetas en el proceso de compactación.

En la práctica, la mayor parte de las empresas se guían por la experiencia adquirida en obras anteriores, lo que no es un mal criterio, pero en el momento que las formulaciones incluyen cambios de cierta entidad se produce una falta de conocimiento a la hora de determinar con precisión qué cambios son necesarios en las temperaturas de fabricación y puesta en obra respecto a una formulación ya conocida. Es más, el desarrollo de las tecnologías de fabricación de mezclas bituminosas a baja temperatura ha producido, en algunos casos, un cierto desacople entre las temperaturas de fabricación y puesta en obra: así, una reducción en la temperatura de fabricación de 25°C puede no llevar aparejada una reducción de la temperatura de puesta en obra de la misma magnitud.

Como conclusión, el desarrollo de materiales, aditivos y tecnologías de fabricación generan especificidades en las temperaturas de fabricación que exigen un control riguroso de las temperaturas. En los apartados siguientes se analizarán los diversos elementos que determinan la temperatura de fabricación y puesta en obra y cómo se pueden controlar las temperaturas en cada fase, y se propondrán niveles de precisión en las medidas de control de la temperatura.

## 2.LA TEMPERATURA DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS EN CADA UNA DE LAS FASES

### 2.1 Fabricación de las mezclas bituminosas

El primer momento en el que se controlan las temperaturas de las mezclas bituminosas es en el laboratorio, durante la fase de diseño de la mezcla. Las recomendaciones de temperatu-

## Control térmico de mezclas bituminosas: Un elemento básico en la mejora de las prestaciones de los pavimentos asfálticos

ras obtenidas basándose en los datos del laboratorio parten de la premisa de que dichas mediciones son correctas. En el apartado dedicado a los equipos de medición se mostrará cuáles son las prácticas más adecuadas.

En esta fase los factores determinantes para elegir la temperatura son la viscosidad del mástico bituminoso a emplear, la distancia de transporte y las condiciones meteorológicas. Los dos últimos factores pueden exigir incrementar ligeramente la temperatura de fabricación pero debemos recordar que el uso de altas temperaturas puede generar oxidación adicional del ligante, emisión de vapores y escurrimiento del ligante

La viscosidad de los másticos es el elemento fundamental, ya que de la adecuada elección de la temperatura de fabricación supondrá un correcto recubrimiento de los áridos. Tradicionalmente, en España la selección de la temperatura se ha hecho basándose en la viscosidad del ligante según se indica en la norma NLT-159 (resistencia a las deformaciones plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall). En dicha norma se indican unos rangos de viscosidad para las fases de fabricación y compactación ( $170 \pm 20$  cSt en la fase de mezclado y de  $280 \pm 30$  cSt en la de compactación). En la vigente versión del PG-3 del año 2014 se indica que la determinación de la viscosidad del ligante se realizará según el método UNE-EN 13302, marcando unos límites de viscosidad de 150-300 cP en la fase de fabricación.

Un extenso estudio sobre métodos de determinación de las temperaturas de fabricación se recoge en el informe NCHRP 648 [1] en el que es especialmente llamativa la encuesta realizada entre técnicos de los departamentos de transporte de varios estados de EEUU en la que la mayoría utiliza el método Marshall y/o el compactador giratorio como métodos de determinación de la temperatura de fabricación y compactación.

Llegados a este punto conviene recordar que en las mezclas bituminosas el ligante se encuentra mezclado con el polvo mineral (filler) constituyendo un mástico bituminoso que puede tener unas características reológicas sustancialmente distintas a las del ligante puro dependiendo de la relación volumétrica entre el polvo mineral y el ligante.

En el trabajo realizado por Loma et al [2] se muestra cómo las variaciones de contenido de polvo mineral que permite el PG-3 pueden generar cambios sustanciales en la viscosidad del mástico y pueden hacer necesario ajustar las temperaturas de fabricación.

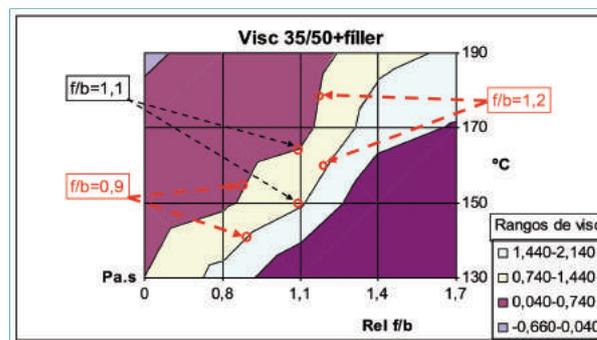


Figura 1. Mapa de viscosidades de másticos. Fuente: [2]

El control de la temperatura de las mezclas bituminosas en esta fase es relativamente sencillo ya que la mayoría de las plantas de fabricación disponen de sensores térmicos que permiten ir controlando la temperatura de los áridos y del ligante, así como en la mezcla final.

A nivel normativo, las normas de marcado CE (UNE EN 13108-20 y UNE EN 13108-21) indican que se realicen controles de la temperatura de la mezcla, bien por lotes o de forma continua o en el caso de la normas de producto se indican temperaturas máximas de fabricación para los diversos tipos de ligante.

El PG-3 añade algunos condicionantes adicionales relativos a las diferencias de temperaturas entre los áridos y el ligante (inferior a  $15^{\circ}\text{C}$ ). Con la aparición de las mezclas semicalientes por espumación o la adición de fresado frío en pequeñas cantidades en los mezcladores esta limitación debería sufrir algunas matizaciones.

Para llevar a cabo una verificación de la temperatura de la mezcla durante la carga de los camiones se pueden utilizar tanto termómetros de contacto como termómetro sin contacto (infrarrojos). De acuerdo a la norma UNE EN 12697-13 se recomienda realizar cuatro medidas por cada lado del camión. La experiencia demuestra que dado el poco tiempo transcurrido entre amasada y amasada las diferencias observadas no requieren realizar tantas medidas. En muchos casos las limitaciones para medir vienen dadas por cuestiones de seguridad en el trabajo, ya que es necesario disponer de plataformas adecuadas para que los operarios puedan realizar las mediciones. Además, las nuevas plantas de fabricación disponen de sensores que controlan de forma continua la temperatura de fabricación por lo que las tareas de inspección deberían centrarse en la verificación de los equipos de medida de las plantas.

Un caso distinto es el de los silos de almacenamiento en

caliente en los que sí se pueden encontrar diferencias sustanciales respecto a la temperatura de fabricación si los tiempos de almacenamiento se alargan mucho.

Como conclusión, la determinación de la temperatura adecuada de fabricación es muy importante porque los efectos encadenados que puede generar una mala elección pueden repercutir muy negativamente en la calidad final de la mezcla compactada en el pavimento asfáltico. El control de temperatura en la fabricación no suele ser una fuente de incertidumbre destacable debido a la gran mejora en los procesos de automatización y control de las plantas de fabricación.

Una última reseña sobre el control de la temperatura en la fabricación se refiere al caso de las mezclas semicalientes por espumación y las mezclas templadas. En ambos casos la selección y el control de la temperatura es crítico para conseguir un comportamiento adecuado durante el proceso de puesta en obra. La experiencia práctica ha mostrado que la reducción en las temperaturas de fabricación no puede trasladarse linealmente al rango de temperatura de compactación, lo que significa un rango de operación más estrecho, por lo que controlar adecuadamente la temperatura, especialmente en el proceso de extendido, es aún más importante. También es cierto que en este tipo de mezclas a menor temperatura el proceso de enfriamiento es más lento por lo que se gana algo de tiempo de operación en el transporte y la compactación.

## 2.2 La fase de transporte

Durante la fase de transporte se producen una serie de fenómenos que se han de tener en cuenta a la hora de decidir la temperatura de fabricación.

Lo más destacado es que las mezclas se enfrían dado que están en contacto con el aire. A pesar de que los camiones llevan toldos para reducir la llegada de aire a la superficie de las mezclas, éstas se enfrían progresivamente. En un capítulo posterior se mostrarán diversos modelos de cálculo que permiten estimar el proceso de enfriamiento de las mezclas en función de diversos factores: temperatura ambiente, tiempo transcurrido, temperatura de partida, velocidad del viento etc.

Como es fácil imaginar, el enfriamiento de las mezclas durante la fase de transporte no se produce por igual en el conjunto de la masa. Así, las capas exteriores se enfrían mucho más, mientras que el interior de la masa de mezcla puede estar a temperaturas muy superiores, apareciendo las denomi-

nadas "costras": masas de mezclas bituminosa relativamente frías y que no se disgregan adecuadamente en el conjunto de la masa descargada por el camión a menos que se disponga de un silo móvil de transferencia.



Figura 2. Imagen con cámara térmica del contenido de un camión. Fuente [3]

El PG-3 exige que se declare la temperatura mínima en la descarga de los elementos de transporte. El problema que se plantea es cómo llevar a cabo dicho control de una manera segura, eficiente y representativa.

Desde el punto de vista de la seguridad, medir la temperatura de la mezcla en la tolva de la extendedora no es adecuado porque implica situarse por delante de un vehículo en movimiento. Situarse en el lateral de la tolva para tomar medidas queda condicionado por la concentración de mezcla fría en los laterales de la tolva. Además, dependiendo de la fase de descarga de la masa de mezcla del camión, los resultados pueden ser muy variables.

La segunda opción es medir la temperatura de la mezcla cuando los camiones esperan a descargar en la extendedora. Para poder hacer esta operación con seguridad se necesita una escalera debidamente asegurada o una plataforma. Además, el termómetro ha de ser de contacto ya que debido al enfriamiento de la superficie exterior los termómetros infrarrojos proporcionarían una medición no representativa del conjunto de la masa de mezcla bituminosa transportada.

La opción más adecuada, aunque requiere de importantes inversiones, es el uso de camiones con cajas aisladas térmicamente y con sistemas incorporados de medición de la temperatura o canales en las cartolas que permiten la colocación de termómetros exteriores. Este tipo de detalles técnicos están especificados en la normativa alemana, donde su empleo es

# Control térmico de mezclas bituminosas: Un elemento básico en la mejora de las prestaciones de los pavimentos asfálticos

obligatorio [4].

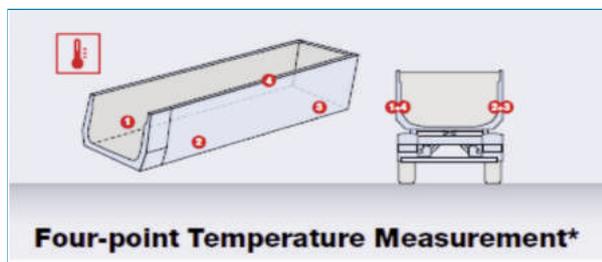


Figura 3. Situación de los puntos de control de temperatura en los camiones según la normativa alemana. Fuente Schmitz Cargobull.

Una consideración final sobre el enfriamiento producido durante la fase de transporte está relacionada con el desarrollo de mezclas fabricadas a menores temperaturas (semicalientes y templadas). El hecho de que en el proceso de fabricación la temperatura sea menor también hace que el proceso de enfriamiento en el transporte discurra más lentamente debido a que el gradiente respecto a la temperatura ambiente es más bajo, lo que suele redundar en que el tiempo de transporte puede ser mayor garantizando que la mezcla se entregue en la obra con una temperatura adecuada para su extendido y compactación.

## 2.3 La fase de extendido y compactación

Estas son las fases en las que se producen las mayores incidencias a la hora de conseguir optimizar la calidad de los pavimentos asfálticos. Dos son los problemas que hay que abordar en el momento de la puesta en obra de las mezclas bituminosas: decidir la temperatura más adecuada a la que se debe extender la mezcla y, una vez tomada dicha decisión, conseguir que se consiga la máxima homogeneidad térmica en el conjunto de la superficie del pavimento asfáltico que se está construyendo.

Al igual que decidir la temperatura adecuada de fabricación es una tarea compleja debido a la gran cantidad de variables a tener en cuenta, en la fase de extendido y compactación el principal reto proviene del tiempo disponible para llevar a cabo las tareas programadas.

Suponiendo que la mezcla bituminosa llegue a la temperatura programada en la descarga de los camiones (en términos de promedio de temperatura; ya se tratarán posteriormente los problemas generados por las “costras” de material frío)

se inicia el proceso de extendido en el que la mezcla extendida empieza a enfriarse por diversas causas: el contacto con el aire, el contacto con la superficie de apoyo y el enfriamiento debido al agua que aportan los compactadores para evitar la adherencia a los rodillos. Todos estos elementos ayudan al enfriamiento de la mezcla que podrá ser compactada adecuadamente hasta que la temperatura sea tan baja que la viscosidad del mástico bituminoso impida la densificación, momento en el que el paso de los compactadores deja de incrementar la densidad y tan solo genera fisuración en la masa de pavimento asfáltico.

En la fase de compactación nos podemos encontrar con una serie de factores contrapuestos. Ya se ha dicho que cuanto mayor es la temperatura de la mezcla más fácil es la compactación, pero por otro lado por cuestiones de sostenibilidad ambiental la tecnología se encamina a reducir la temperatura de fabricación y, por consiguiente, de puesta en obra.

Además, diversos estudios experimentales señalan que las propiedades mecánicas de las mezclas mejoran al aumentar la temperatura de compactación para la misma densidad o contenido de huecos final [5] (figura 4).

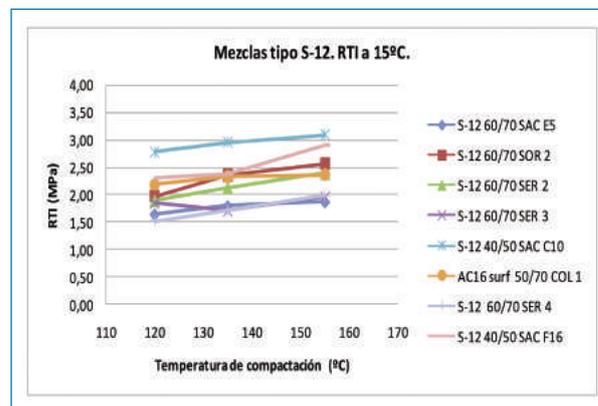


Figura 4. Variación de la resistencia a tracción indirecta frente a la temperatura de compactación. Fuente Proyecto Fénix

Esta mejoría en las propiedades mecánicas es especialmente destacable en mezclas con altos contenidos de filler, áridos finos y mástico bituminoso (mezclas AC densas y semidensas). Sin embargo, el aumentar la temperatura de compactación, además de las cuestiones de reducción de emisiones, se puede ver limitada por el “efecto ola” típico en mezclas AC cuando se extienden en espesores medios y altos (Figura 5).

Aunque la temperatura no es el único factor, sí que es uno de los más relevantes por lo que conocer en cada tipo de mez-

cla la temperatura adecuada para llevar a cabo la compactación es un elemento primordial para obtener las mejores propiedades de una mezcla bituminosa dada.

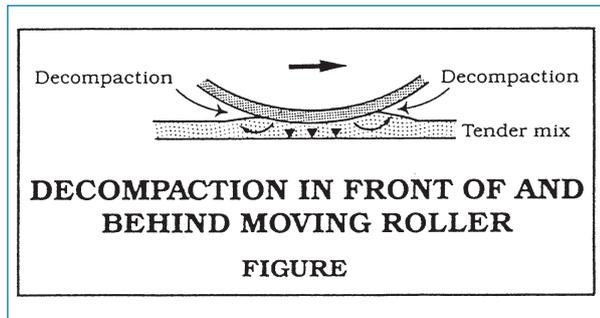


Figura 5. Mezcla inestable durante el proceso de compactación. Fuente Minnesota DOT

Así, durante la fase de diseño de las mezclas es necesario conocer la influencia que tiene la temperatura de fabricación y la de compactación en la densidad final de la mezcla.

La norma UNE EN 12697-10 permite realizar un análisis de la compactabilidad de las mezclas bituminosas en función del número de golpes o giros, según se emplee el compactador de impactos o el compactador giratorio, lo que genera una curva de densificación. De manera similar se puede llevar a cabo el estudio para evaluar el efecto de la temperatura en la compactabilidad de las mezclas bituminosas (Figura 6).

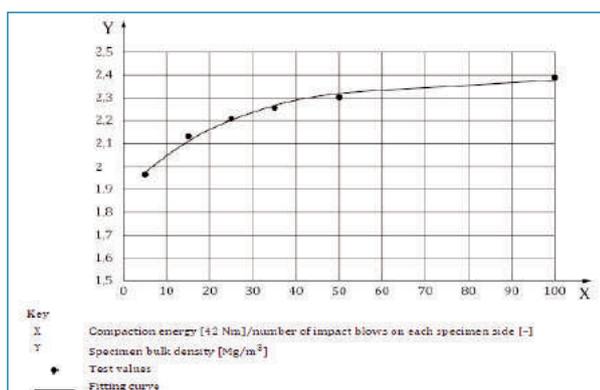


Figura 6. Gráfico de compactabilidad de una mezcla bituminosa según la norma EN 12697-10: 2007

El PG-3 exige que la fórmula de trabajo especifique la temperatura mínima de la mezcla en la descarga. También requiere que se especifique la temperatura máxima a la que se puede iniciar la compactación y la temperatura a la que se debe cesar

la misma.

Es posiblemente esta fase donde más incertidumbre surge a la hora de realizar el control térmico. Ya hemos citado que hay mezclas "tiernas" que pueden generar el "efecto ola" en la compactación pero hay mezclas que no sufren este efecto, por lo que las especificaciones deberían marcar rangos de temperatura en lugar de valores individuales. De esta manera, una fórmula de trabajo debería especificar:

- Rango de temperatura en la descarga de la mezcla en la extendidora, que puede ser controlada bien en el camión o en los sinfines de la extendidora.
- El rango de temperatura en la descarga debería solaparse lo más posible con el rango de inicio de la compactación ya que en caso contrario obliga a los compactadores a demorar su trabajo respecto al paso de la extendidora, cuando lo más eficiente es que se inicie el proceso de compactación lo antes posible.
- La exigencia del PG-3 sobre la temperatura de cese de la compactación no se puede cumplir porque no es posible medir con exactitud la temperatura en el interior de una capa ya compactada y las medidas de temperatura superficial son difíciles de correlacionar con la temperatura de la masa de mezcla bituminosa incluida en la capa que se está compactando.

Cuándo cesa la fase de compactación es una cuestión muy relevante por diversas razones: si se compacta una mezcla "fría", lejos de aumentar la densidad lo que se consigue es generar fisuración que repercutirá negativamente en las prestaciones futuras. Además, gastar tiempo en compactar una mezcla que ya no se densifica más puede suponer no dedicar tiempo de compactación a otras zonas del pavimento que sí pueden estar lo bastante calientes para que la compactación genere un aumento de la densidad.

Una forma de conocer cuándo se debe cesar el proceso de compactación es el uso de los equipos de medida sin contacto de la temperatura que algunos compactadores de última generación llevan acoplados. En muchos casos, estos compactadores suelen llevar sistemas de control de la rigidez del pavimento que compactan por lo que, en base a la experiencia, se puede tomar la decisión precisa del cese de la compactación (Figura 7).

Para concluir, la información que la fórmula de trabajo de una mezcla bituminosa debe facilitar al personal encargado de la puesta en obra es vital para conseguir las máximas presta-

# Control térmico de mezclas bituminosas: Un elemento básico en la mejora de las prestaciones de los pavimentos asfálticos

ciones del material escogido. Transformar temperaturas en tiempo de ejecución es una cuestión que se abordará posteriormente pero que exige de una premisa previa: cómo conseguir mediciones exactas que den una información fiable del estado térmico de una mezcla bituminosa.



Figura 7. Compactador "inteligente" con sensores IR de temperatura. Fuente Volvo

## 3. MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS Y EN LOS PAVIMENTOS EXTENDIDOS

### 3.1 Tipologías de equipos de medida manuales

Medir la temperatura de las mezclas bituminosas desde la fabricación hasta la puesta en obra requiere tener en cuenta las siguientes consideraciones;

- La temperatura que realmente condiciona el comportamiento reológico de las mezclas bituminosas es la de la masa interior. Las mediciones de la temperatura en la superficie pueden generar grandes sesgos e inducir a decisiones erróneas.
- Hay que alcanzar un compromiso a la hora de seleccionar equipos de medida que permitan obtener mediciones con la mayor rapidez y exactitud posible y no generen situaciones de riesgo laboral.

Dentro de los equipos manuales de medida se suelen encontrar dos grandes grupos: equipos de medida por contacto (especialmente termopares K y sondas Pt 100) y equipos de medición sin contacto por radiación infrarroja (IR). En la figura 8 se muestran dos ejemplos de los equipos citados.

A nivel operativo, todos ellos facilitan resolución suficiente para el control de la temperatura de mezclas bituminosas,

La mayor diferencia radica en la velocidad de medición. Así, mientras los equipos IR facilitan medidas casi inmediatas, los equipos de medida por contacto exigen un cierto tiempo de espera hasta que se alcanza el equilibrio térmico en la sonda y la medida puede ser considerada correcta.



Figura 8: Equipo de medición IR (izquierda) y termómetro digital con sonda Pt 100

A la vista de la información anterior parecería que los equipos IR son ventajosos a la hora de hacer controles de temperatura, lo que en muchos casos es cierto, pero hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- En el control de temperatura en los camiones en la descarga, al generarse una costra fría en la masa de mezcla bituminosa, las mediciones de la superficie no dan una información adecuada. Sin embargo, en las cargas de los camiones en las plantas de fabricación al haber un flujo rápido de la masa de mezcla en las cajas de los camiones el enfriamiento superficial es muy limitado y las medidas coinciden con las de los termómetros de contacto.
- Inmediatamente tras la extendedora, a pocos centímetros de la regla (o en el material contenido en el centro de los husillos), la medida de la temperatura sí es representativa del estado térmico de la mezcla.
- Una vez pasan los compactadores, o incluso sin pasar pero alejándose de la extendedora, la superficie del pavimento proporciona una temperatura que es bastante inferior a la del interior de la mezcla, por lo que el utilizar estas medidas como referencia exige tener datos de experiencias anteriores, como se hace con los medidores IR embarcados en los compactadores.
- La diferencia entre la masa de mezcla bituminosa y la

medida en la superficie se ve afectada por numerosos e importantes factores: temperatura ambiente, velocidad del viento, la temperatura de la capa inferior sobre la que se extiende la mezcla y el espesor de la capa que se extiende.

- Un equipo IR adecuado debe tener regulación de la emisividad, siendo el valor típico para mezclas bituminosas de 0,95.
- Los termómetros IR no miden la temperatura en un punto sino en una superficie cuya área viene determinada por el ratio de distancia al objetivo. Así, un equipo de ratio 12:1 significa que para medir la temperatura de un círculo de diámetro 1 cm no se debe situar a más de 12 cm de distancia. También hay que tener en cuenta que el vapor y los humos pueden interferir en las medidas.

Antes de pasar al siguiente apartado en el que se hablará de equipos de medida mediante escaneado, vale la pena citar un tipo de equipos de medición que está a medio camino entre los equipos de medición manuales y los sistemas de escaneado IR: nos estamos refiriendo a las cámaras térmicas.

Este tipo de dispositivos (Figura 9), permiten obtener mapas de la temperatura superficial de la zona a estudiar.



Figura 9. Cámara térmica

La gran virtud de estos equipos de medición respecto a las mediciones puntuales es que permiten hacer visibles las diferencias de temperatura mediante códigos de colores estandarizados. Es decir, dan información de la homogeneidad térmica. De hecho, aunque hay estudios sobre segregación térmica anteriores al uso de las cámaras térmicas, fue mediante su uso cuando se hizo palpable la magnitud del problema de segregación térmica que puede aparecer en las obras y su efecto en el medio y largo plazo sobre la durabilidad de los pavimentos.

Vista la utilidad de determinar y cuantificar la homogeneidad térmica se dio paso al desarrollo de sistemas de escaneado que permiten almacenar la información, incluso con georreferenciación, siendo tratados estos equipos en una sección posterior.

### 3.2 Sistemas de control continuo de la temperatura

Basados en la tecnología IR, desde hace ya bastantes años se han comenzado a desarrollar equipos que permiten hacer mediciones de forma continua de la temperatura del pavimento recién extendido.

Los primeros prototipos desarrollados en el Departamento de Transportes de Texas utilizaban una batería de sensores IR que en los primeros prototipos eran desplazados manualmente (figura 10) siendo posteriormente acoplados a la extendidora (figura 11).



Figura 10. Prototipo Pave-IR. Fuente Texas DOT



Figura 11. Prototipo Pave-IR. Fuente Texas DOT

También en Europa se desarrollaban experiencias similares, en este caso en Amsterdam (2008), donde bajo el auspicio del proyecto ASPARi se generaron perfiles térmicos de pavimentos con georreferenciación GPS (figura 12).

# Control térmico de mezclas bituminosas: Un elemento básico en la mejora de las prestaciones de los pavimentos asfálticos

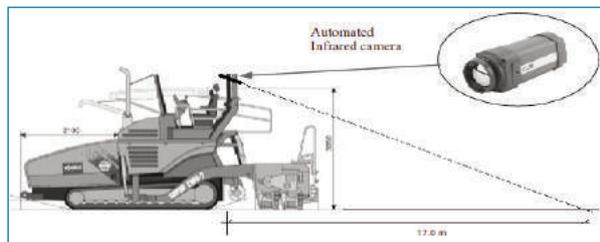


Figura 12. Prototipo de medición de perfiles térmicos. Fuente proyecto ASPARI

La tecnología de escaneo térmico ha ido progresivamente mejorando siendo relativamente normal poder encontrar extendedoras equipadas con este tipo de dispositivos que proporcionan un complejo conjunto de información sobre la temperatura de la superficie de los pavimentos recién extendidos (figuras 13 y 14). Además, es posible situar medidores de temperatura IR en ubicaciones fijas, como pueden ser los sinfines o en las tolvas, de manera que se puede tener un control adicional de la temperatura en la recepción de las mezclas bituminosas.

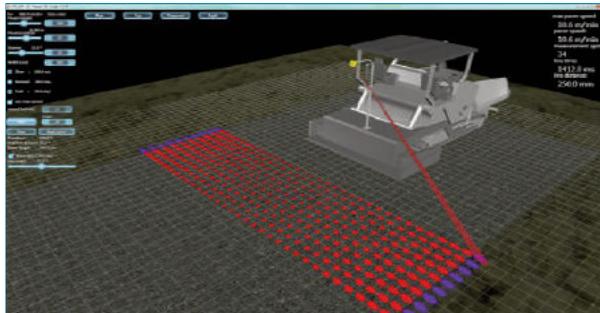


Figura 13. Modelización de la toma de datos de un equipo de escaneo IR a ancho completo. Fuente MOBA



Figura 14. Ubicación en una extendidora de un equipo de escaneo IR a ancho completo. Fuente MOBA

Respecto a las tecnologías de control de temperatura más antiguas, el principal avance de los sistemas de escaneo térmico es que permiten obtener verdaderos mapas del conjun-

to de la superficie de pavimento construida, lo que unido a la geolocalización sienta las bases de un sistema global de control de calidad que responde al concepto de Industria 4.0 en cuanto a la digitalización de la información y posibilidad de disponer de ella en tiempo real.

## 3.3 Determinación de la homogeneidad térmica

Partiendo del hecho de que se ha hecho una selección adecuada de las temperaturas de fabricación de la mezcla, que los camiones llegan a la obra con la carga a una temperatura dentro del rango especificado y que disponemos de equipos adecuados para hacer las mediciones de temperatura, una de las cuestiones más relevantes es verificar que la temperatura durante el extendido y la compactación se mantiene dentro de unos rangos aceptables, es decir, que haya homogeneidad térmica.

Las numerosas experiencias documentadas han establecido una perfecta correlación entre bajas temperaturas de extendido y bajas densidades (Figuras 15 y 16).

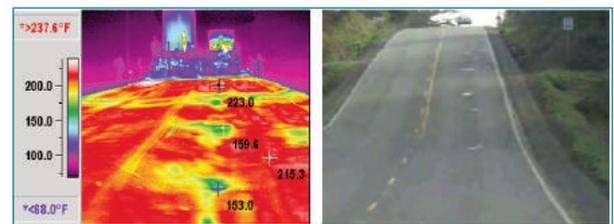


Figura 15. Efecto de las zonas frías en el extendido sobre el comportamiento del pavimento. Fuente [6]



Figura 16. Efecto de las zonas frías en el extendido sobre el comportamiento del pavimento. Fuente [7]

Es evidente que resulta imposible conseguir una homogeneidad térmica absoluta, por lo que surge el concepto de segregación térmica, refiriéndose a las diferencias de temperatura respecto a una referencia establecida que pueden generar daño acelerado en el pavimento durante la fase de uso.

Uno de los trabajos más relevantes en este campo ha sido realizado por la Universidad de Auburn [8] y del que se puede

extraer una clasificación de rangos de variaciones de temperaturas que indican cuando existe verdadera segregación térmica.

**Tabla 1. Valores indicativos de segregación térmica. Fuente (8)**

Variación de temperatura (°C)	Nivel de segregación
< 10	No hay segregación
10 a 16	Poca importancia
17 a 21	Importancia media
> 21	Importancia alta

Teniendo en cuenta los valores de la tabla anterior, puede considerarse lógico buscar niveles de tolerancia en las medidas de  $\pm 5^\circ\text{C}$  para poder estar dentro del rango de temperaturas que no pueden catalogarse como segregación térmica.

Una consideración adicional con los termómetros IR, teniendo en cuenta que se necesita una tolerancia de  $\pm 5^\circ\text{C}$ , es que recién calibrados su nivel de incertidumbre es de aproximadamente un 2-3%, por lo que el grado de tolerancia exigido se puede cumplir sin problemas, pero si los equipos están sin calibrar corremos el riesgo de sobreestimar la precisión de los equipos.

Para verificar la existencia de segregación térmica en el extendido de las mezclas bituminosas se hace necesario llevar a cabo la determinación del perfil de temperatura. El Departamento de Transporte de Texas ha desarrollado un protocolo para determinar si existe segregación térmica [9]. Dicho protocolo está diseñado para el uso de cámaras térmicas y/o escáneres IR embarcados en las extendedoras. En la versión del protocolo del año 2011 también se incluía como método de determinación de segregación térmica el uso de termómetros IR manuales.

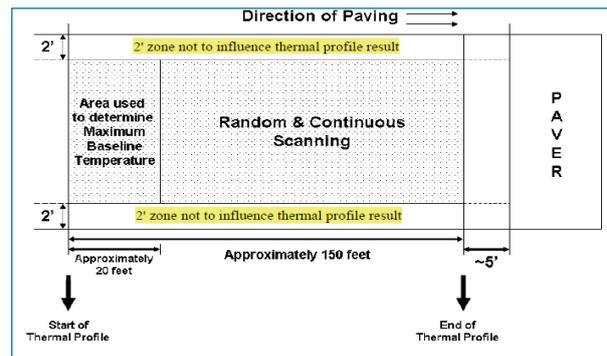
Es de reseñar que el procedimiento anteriormente citado no se aplica a áreas en las que la extendedora se haya detenido más de un minuto y que cada sección de medición es de unos 50 metros de longitud, lo que supone aproximadamente la cantidad de mezcla contenida en un camión para un ancho de 3,5 m y un espesor de 5 cm.

A nivel de homogeneidad térmica tres son los orígenes de zonas “frías”:

- “Costras” de mezcla fría procedente de las zonas exteriores de las cajas de los camiones que no han sido

debidamente homogeneizadas en el proceso de alimentación de la tolva de la extendedora hasta los sinfines.

- Camiones que han mantenido la carga más tiempo que el promedio de la flota de transporte.
- Paradas de la extendedora.



**Figura 17. Esquema del procedimiento de determinación de perfiles térmicos en Texas DOT. Fuente [9]**

La primera causa suele originar zonas frías singulares de pequeña extensión en el conjunto del pavimento extendido, mientras que las dos últimas sí que producen zonas de bastante mayor superficie con segregación térmica.

Minimizar las tres fuentes de falta de homogeneidad es un paso importante para garantizar la durabilidad de un pavimento asfáltico en toda su extensión.

De acuerdo al protocolo del Departamento de Transporte de Texas, se definen dos niveles de segregación térmica, que son los que se indican en los informes:

- Moderada: si el nivel de segregación térmica esté entre  $14^\circ\text{C}$  y  $28^\circ\text{C}$ .
- Severa: si el nivel de segregación térmica es superior a  $28^\circ\text{C}$ .

#### 4. EL USO DE SOFTWARE PREDICTIVO EN EL CONTROL TÉRMICO

Si partimos de un correcto diseño de una formulación, incluyendo parámetros como son la temperatura de fabricación, el rango de temperatura en el extendido y la temperatura mínima de compactación, ¿cómo podemos llevar a cabo un correcto control térmico de la puesta en obra?

La respuesta puede parecer obvia: midiendo temperaturas en las distintas fases de la puesta en obra. Sin embargo hay

## Control térmico de mezclas bituminosas: Un elemento básico en la mejora de las prestaciones de los pavimentos asfálticos

más alternativas, mediante controles indirectos que además facilitan otra información muy relevante; nos estamos refiriendo a los software de predicción de la evolución de la temperatura, siendo los dos más conocidos Pavecool [10] (desarrollado por el Departamento de Transporte de Minnesota) y Multicool [11] (desarrollado por National Asphalt Pavement Association). Los algoritmos de cálculo son comunes en ambos aunque el software Multicool ha añadido algunas funciones adicionales.

El interés de este tipo de herramientas es que una vez verificada su consistencia con los datos obtenidos en las obras, permiten establecer tiempos de inicio de compactación y tiempo máximo de compactación con lo que se puede solventar el problema generado por la falta de fiabilidad de las medidas de temperatura en la superficie durante la fase de compactación. Al igual que existen dispositivos de seguimiento del número de pasadas de compactador en cada zona, sería fácil implantar un control adicional de tiempo máximo de compactabilidad por encima del cual no se debería compactar una zona dada ya que previsiblemente el efecto conseguido produciría una merma de las prestaciones finales de la capa.

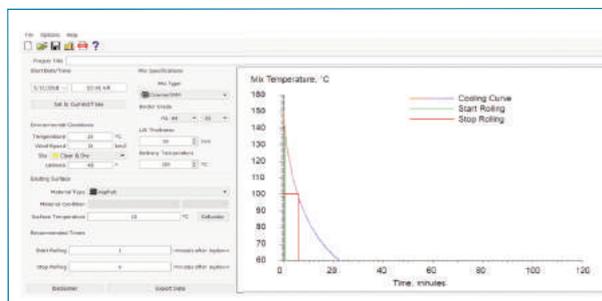


Figura 18. Aspecto de la información proporcionada por el software Pavecool. Fuente [10]

Ambas aplicaciones informáticas están disponibles también para dispositivos móviles lo que las hace especialmente útiles para los técnicos que están a pie de obra, pudiendo hacer estimaciones en función de condiciones climatológicas cambiantes, espesores de extendido o tipo de ligante.

Además, las bases de cálculo del software Pavecool son públicas pudiendo consultarse para conocer los detalles de los algoritmos e información utilizados [12].

### 5. ¿CÓMO PODEMOS MEJORAR EL CONTROL TÉRMICO?

A nivel normativo, la única referencia existente es la nor-

ma europea "UNE EN 12607-13 Mezclas Bituminosas. Medición de la temperatura". Desgraciadamente la información contenida en dicha norma es muy reducida por lo que difícilmente se puede realizar un salto de calidad basándose en la misma.

En otros países se ha abordado de forma sistemática el control térmico de las mezclas bituminosas, muy especialmente en la puesta en obra, donde se tienen pruebas fehacientes sobre la correlación entre falta de homogeneidad térmica y menor durabilidad del pavimento.

Dada la importancia del trabajo, el grupo de normalización AEN/CTN41/SC2/GT1 abordó el desarrollo de un informe técnico UNE que próximamente será publicado. En el mismo se describen cuestiones prácticas como: elección de instrumentos de medida, calibración/verificación de los mismos, periodicidades de control, determinación de perfiles térmicos etc. El contenido de dicho documento pretende facilitar a administraciones públicas, asistencias técnicas, constructoras y laboratorios de control un conjunto de herramientas que permitan fabricar, extender y compactar mezclas bituminosas de forma que se alcancen las máximas prestaciones

### 6. CONCLUSIONES

El control de la temperatura en las diversas fases que tienen lugar desde la fabricación hasta la compactación de las mezclas bituminosas es determinante para asegurar las prestaciones del pavimento, pero el control debe basarse en información detallada y clara. De esta manera, más que temperaturas de fabricación, extendido, etc. se deben definir rangos, lo que permite definir criterios de aceptación y rechazo. Por lo tanto, las fórmulas de trabajo deben proporcionar información sobre las temperaturas de las mezclas en las diversas fases, intentando conjugar los siguientes criterios:

- Minimizar las temperaturas de fabricación para reducir la oxidación del ligante, reducir el consumo de combustible en la fabricación y reducir las emisiones procedentes del betún.
- La reducción de la temperatura del betún, y del mástico, debe compaginarse con la búsqueda de las máximas prestaciones de las mezclas, a corto y a largo plazo.
- Bien con datos basados en la experiencia o en estudios de laboratorio, definir correctamente los rangos

de temperatura para el extendido y la compactación es imprescindible para una adecuada puesta en obra.

La elección de los equipos de medida de la temperatura debe tener en cuenta si podemos controlar la temperatura de la masa de mezcla bituminosa o tan solo la de su superficie. También es importante decidir el uso de equipos teniendo en cuenta cuestiones como la ergonomía y la salud laboral.

Con equipos de medida relativamente sencillos y una buena planificación es posible identificar si hay segregación térmica en un pavimento.

El desarrollo de sistemas de control de la temperatura sobre toda la superficie unido a la geolocalización está permitiendo identificar incidencias en los procesos productivos que conducen a segregaciones térmicas que posteriormente generan fallos prematuros de los pavimentos.

La puesta a punto de una buena logística entre producción, transporte y puesta en obra es el camino más adecuado para evitar segregaciones térmicas y áreas con baja densidad o propensas a pérdidas de material granular de forma prematura durante la puesta en servicio.

## 7. AGRADECIMIENTOS

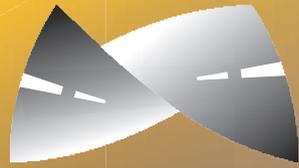
La gestación de este documento y gran parte de la información ha sido posible gracias a las personas que participan, o han participado, en el grupo de trabajo AEN/CTN41/SC2/GT1/Control térmico: Julio Vaquero (Ministerio de Fomento), José Orenco Marrón (CEDEX), M<sup>a</sup> Elena Hidalgo (Eiffage Infraestructuras), Rafael Naranjo (MOBA), Cristóbal Ramírez (MOBA), Pablo Álvarez (BECSA), Antonio García (CEPSA), Olga González (FCC), Jesús Felipe (PAVASAL), Cristina Álvarez (CHM), Antonio José Pérez, Marisol Barral (Campezo) y Javier Pérez Ayuso (CEDEX).

## 8. REFERENCIAS

- [1] West R.C., Watson D.E et al (2010). NCHRP Report 648: Mixing and compaction temperatures of asphalt binders in hot-mix asphalt; Transportation Research Board.
- [2] Loma J., Moreno E., et al (2009). Influencia de las características del betún y los másticos en la determinación de las temperaturas de fabricación y trabajo de las mezclas bituminosas; Comunicaciones libres IV Jornada Nacional

de Asefma. pp. 549-562.

- [3] García Santiago J.L. (2015). Nuevas tendencias en el Control de Calidad de la puesta en obra de MBC; Presentación de la V Jornada de Ensayos de Asefma.
- [4] Maßnahmen zur Steigerung der Asphalteinbauqualität StB 28/7182.8/5/2523413. (2016)
- [5] Perez F.E. (2009). Ensayos de mezclas bituminosas. Criterios de diseño. Nuevas propuestas; Jornada Nacional Asefma
- [6] Willoughby K.A., Mahoney J.P. et al (2001). Construction-related asphalt concrete pavement temperature differentials and the corresponding density differentials; Report WA-RD 476.1; Washington State Transportation Center (TRAC).
- [7] Segerpalm J. (2014). Auscultación termográfica. Experiencia y métodos actuales a nivel internacional para el control continuo y en tiempo real de segregaciones en la puesta en obra de mezclas bituminosas en caliente; Presentación de la IV Jornada de Ensayos de Asefma.
- [8] Stroup-Gardiner M., Brown E.R. (2000). Report 411. Segregation in hot-mix asphalt pavements; Report WA-RD 476.1; Washington State Transportation Center (TRAC).
- [9] TEX-244-F. Thermal profile of hot mix asphalt. December 2015.
- [10] Pavecool. <http://www.dot.state.mn.us/app/pavecool/>
- [11] Multicool. <http://www.eng.auburn.edu/users/timmdav/MultiCool/FinalRelease/Main.html#Disclaimer>
- [12] Chadbourn B.A, Newcomb D.E. et al (1998), An asphalt paving tool for adverse conditions. Final Report file:///C:/Users/jlpen/Google%20Drive/Dell%2001122016/Varios/AENOR/Informes%20t%C3%A9cnicos/Termograf%C3%ADa/documentos%20aportados/PaveCool1998\_18%20manual.pdf



# 7<sup>th</sup> E&E CONGRESS

## EURASPHALT & EUROBITUME

**MADRID** 12-14 May 2020  
Palacio Municipal de Congresos de Madrid

ASPHALT 4.0 FOR FUTURE MOBILITY



#eecongress2020

[www.eecongress2020.org](http://www.eecongress2020.org)

# UNE-EN 12697-11:2012

## Determinación de la afinidad entre áridos y betún. Método de la botella giratoria.

En esta sección se describen métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente.

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

### 1. Objeto y principio del ensayo

Determinación de la afinidad entre el árido y el betún y su influencia en la susceptibilidad de su combinación al descubrimiento. Es una medida indirecta de la capacidad de un ligante para adherirse a varios áridos o de varios ligantes a un árido dado.

Puede emplearse para evaluar el efecto de la humedad en una combinación de árido-ligante, con o sin agentes de adhesión.

Este documento solo aplica al método de la botella giratoria. En la norma de ensayo se indican otros dos procedimientos de ensayo: método estático y descubrimiento del ligante en agua hirviendo.

### 2. Método operativo

La fracción de ensayo corresponde a los tamaños 8-11,2 milímetros o 10-6,3 milímetros, previamente lavados. Se secan en estufa a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta peso constante y se pesan en una cubeta una porción de  $510 \pm 2$  g. Se calienta el árido y el ligante a temperatura de mezclado  $\pm 5^\circ\text{C}$  durante un tiempo superior a 3 horas, no superando las 4 horas para el caso del betún.

Si se tiene previsto incorporar un agente de adhesión se debe introducir y mezclar durante esta fase, en este caso no se debe mezclar con el árido inmediatamente. En el caso de un filler para mejorar la adhesividad, debe incorporarse junto con el árido.

Cuando se emplee una fracción de áridos de 8/11 mm se

incorpora en la cubeta  $16,0 \pm 0,2$ g de betún, y si se utiliza la fracción 6/10 mm. de áridos se incorpora  $17,0 \pm 0,2$ g de betún, debiendo corregirse por la densidad real del árido.

$$\alpha = \frac{2,650 \text{ (Mg/m}^3\text{)}}{\text{densidad real (Mg/m}^3\text{)}}$$

Los áridos se envuelven con el betún hasta obtener un recubrimiento uniforme de los áridos. Se extiende el material mezclado sobre una superficie metálica plana o sobre un papel recubierto por silicona, quedando dispersos en la superficie elegida. Se conserva entre 12 y 64 horas a temperatura ambiente ( $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ), evitando la luz directa o contaminación con polvo.

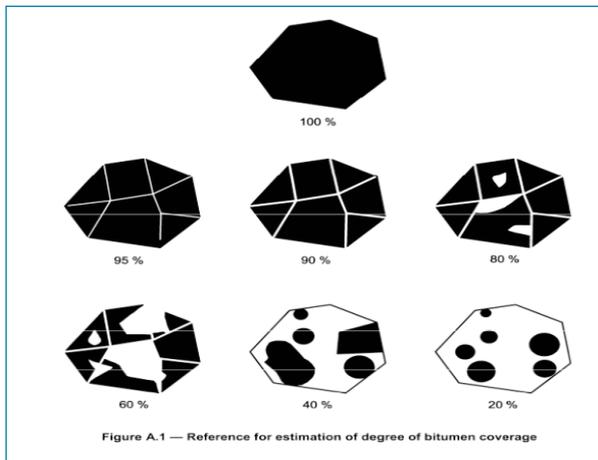
El material se divide en 3 porciones de  $150 \pm 2$  g cada una y se llenan las botellas hasta el 50% de su volumen con agua destilada o desionizada a una temperatura de  $5 \pm 2^\circ\text{C}$  (temperatura baja para evitar aglomeraciones de partículas). Se introducen las partículas de las porciones divididas anteriormente y se cierran junto a la varilla y gomas, colocándolas posteriormente en el equipo rotativo.

Se realiza la rotación a distinta velocidad según el tipo de ligante empleado:  $40 \text{ min}^{-1} + 10\%$  para betunes con penetraciones superiores a  $100 \text{ 1/10 mm}$  y  $60 \text{ min}^{-1} + 10\%$  para betunes con penetraciones inferiores a  $100 \text{ 1/10 mm}$  o cuando se empleen agentes de adhesión en la fabricación. La temperatura de ensayo debe encontrarse entre  $15$  y  $25^\circ\text{C}$ . El tiempo de agitación es de  $6 \text{ horas} \pm 15 \text{ minutos}$ .

El agua de cada botella se identifica y se vacía en vasos de precipitados, depositando las partículas sobre una cubeta con agua destilada o desionizada hasta cubrir todas. Se calcula el valor medio del cubrimiento redondeando al 5%. (ver figu-

# UNE-EN 12697-11:2012 Determinación de la afinidad entre áridos y betún. Método de la botella giratoria.

ra de evaluación del grado de cubrimiento del ligante).



Se repite el ensayo, empleando la misma agua retirada anteriormente durante un tiempo de 18 horas  $\pm$  15 minutos, para una duración total del ensayo de 24 horas. Se determina el grado de cubrición por dos operadores diferentes en cada tiempo de ensayo. El ensayo puede prolongarse durante 48 y 72 horas para evaluar distintos materiales o aditivos (o más para áridos muy resistentes).

El ensayo tiene una repetibilidad de un 20% y reproducibilidad del 30%.

### 3. Equipamiento

Se requieren equipos que suelen estar disponibles los laboratorios de control de calidad, como son los tamices de ensayo de aberturas cuadradas de luces 11,2 mm y 8 mm o 10 mm y 6,3 mm, una estufa ventilada regulable desde 100°C a 180 °C, dispositivos de medida de la temperatura en el agua (entre 5°C y 20 °C y exactitud de  $\pm 1^\circ\text{C}$ ) y de la temperatura de la mezcla (entre 110°C y 180°C y exactitud de  $\pm 2^\circ\text{C}$ ), balanza para pesaje de áridos con capacidad  $>600\text{g}$  con exactitud de  $\pm 2\text{g}$  y balanza para pesaje de betún con capacidad 16-18g con exactitud de  $\pm 0,2\text{g}$ , espátulas, recipientes de mezclado, varillas de vidrio, lámpara, lupa y vasos de precipitado de al menos 200 ml.

Un equipo menos común en laboratorios es una cámara frigorífica para mantener una temperatura de  $5\pm 2^\circ\text{C}$

Los equipos específicos para el ensayo son las botellas de ensayo de 500 ml y la máquina de rotación de las mismas, con posibilidad de realizar rotaciones a  $40\text{ min}^{-1} \pm 10\%$  y  $60\text{ min}^{-1} \pm 10\%$  rotaciones por minuto. Estos equipos no tie-

nen un coste excesivamente elevado.



### 4. Puntos Críticos

La mayor dificultad del procedimiento es la evaluación del porcentaje de cubrición del árido, que es una valoración subjetiva y puede estar sujeta a distintas interpretaciones, razón por lo que debe ser repetido por más de un operador (la norma indica 2 operadores).

Es un ensayo simple, pero también largo, no siendo apropiado para áridos altamente abrasivos.

### 5. Comentarios

El resultado de este ensayo puede ser útil para conocer la adhesividad entre áridos y el ligante y también para evaluar los efectos de terminados aditivos en la mejora de la adhesividad.

Los operadores deben estar debidamente adiestrados para fijar el grado de cubrición del árido, siendo además una metodología de valoración cualitativa del resultado por lo que no debería determinar valores de precisión.

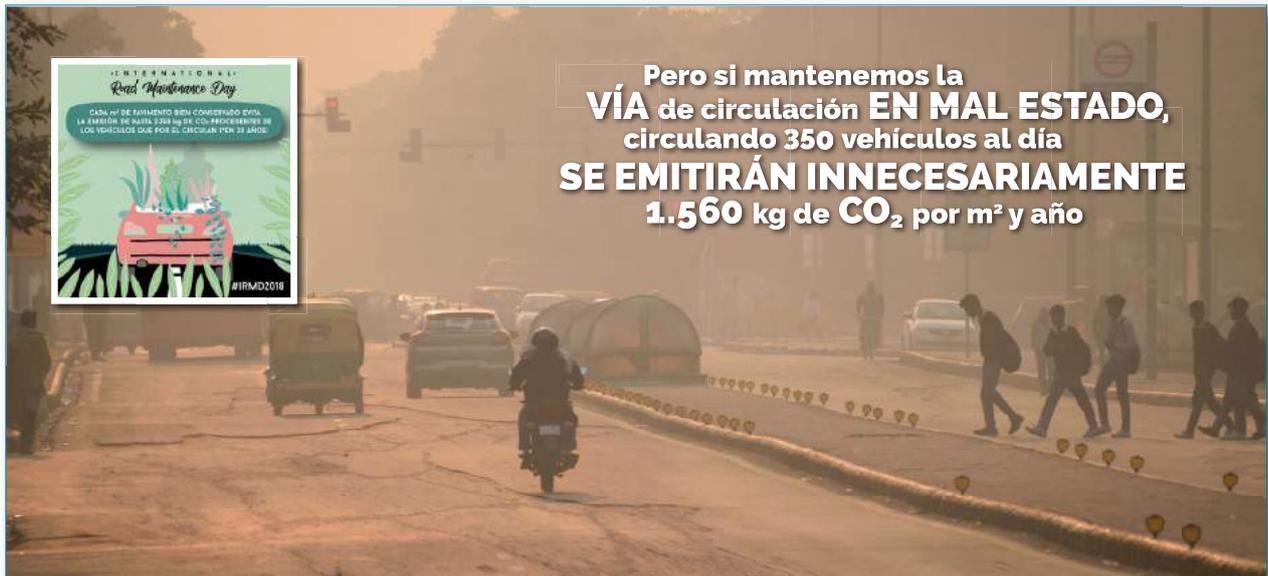
### 6. Bibliografía

- UNE-EN 12697-11. Determinación de la afinidad entre árido y betún.
- UNE-EN 12697-35. Mezclado en laboratorio.

*Es un método sencillo, pero a su vez subjetivo, que aporta información sobre una propiedad importante en el comportamiento de las mezclas bituminosas como es la adhesividad árido-ligante.*

# Calendario de eventos

AÑO 2019		
22-23 de mayo ASEFMA	XIV Jornada de Asefma; #XIVJornadaAsefma	Madrid (España) www.asefma.es
22-23 de mayo ASEFMA	InterCILA; #interCILA	Madrid (España) www.asefma.es
28-30 de mayo CRP	9º Congresso Rodoviário Português	Lisboa (Portugal) www.crp.pt
3-6 de junio EATA	8 <sup>th</sup> Meeting EATA	Granada (España) www.eata-group.eu
12-14 de junio ICONFBMP	The 17 <sup>th</sup> International Conference "Bituminous Mixtures and Pavements"	Tesalónica (Grecia) http://iconfbmp.civil.auth.gr
18-19 de agosto EAPA	The 18th AAPA International Flexible Pavements Conference & Exhibition	Sydney www.eapa.org
15-18 de septiembre TRB	TRB International Conference on Low Volume Roads	Montana (EUA) www.trb.org
6-10 de octubre PIARC	26º Congreso Mundial de la Carretera	Abu Dhabi (Emiratos Árabes) www.piarc.org
11 de octubre	Día Mundial de la Carretera; #Diamundialcarretera	
13-16 de octubre EAPA	The 12th Conference on Asphalt Pavements for southern Africa	Sun City_Sudáfrica www.capsaconference.co.za
29 de octubre PTC	INNOVACARRETERA; #INNOVACARRETERA	Madrid (España) www.ptcarretera.es
25-29 de Noviembre AMAAC	XXCILA; #XXCILA2019	Guadalajara (México) www.amaac.org.mx
26-27 de Noviembre EAPA	Conference Asphalt Pavements 2019	República Checa www.eapa.org
27-29 de Noviembre EAPA	Colloquium Asphalt, Bitumen and Pavements	Slovenia www.eapa.org
AÑO 2020		
12-16 de enero PIARC	99 Reunión Anual TRB	Washington, DC (EEUU) www.piarc.org
2-5 de febrero NAPA	NAPA. Annual meeting	Hawaii (EUA) www.eapa.org
17-21 de febrero AEMA-ISSA-ARRA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Texas (EUA) AEMA-ISSA-ARRA
12-14 de mayo EUROBITUMEN-EAPA	The 7 <sup>th</sup> Eurasphalt & Eurobitume Congress	Madrid (España) www.eapa.org
12-16 de junio	TRB 99th Annual Meeting TRB	Washington DC( EUA) www.trb.org
4-6 de noviembre AEMA	International Symposium on Asphalt Emulsion Technology	Virginia (EUA) www.aema.org/
AÑO 2021		
7-10 de febrero NAPA	NAPA. Annual meeting	Orlando, DC (EUA) www.eapa.org
17-21 de febrero AEMA-ISSA-ARRA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	San Antonio-Texas-(EUA) www.aema.org
21-23 de febrero AEMA-ISSA-ARRA	2020 International Symposium on Asphalt Emulsion Technology	Virginia-(EUA) www.aema.org



Pero si mantenemos la **VÍA** de circulación **EN MAL ESTADO**, circulando 350 vehículos al día **SE EMITIRÁN INNECESARIAMENTE 1.560 kg de CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup> y año**

**ADVANTAGE 10: The best visibility of road markings is on asphalt roads #AsphaltAdvantages**

**REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO** ➔

**JUNIO 2019**

**EVENTOS**  
 3-5 de junio #BEATAGranada  
 12 de junio #innovacarretera2019

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Logos: asefma, EAPA, eurobitume, ZAS  
 Social media: /asefma, @asefma.es, /company/asefma, @asefma



El **GASTO** anual de **MANTENIMIENTO** de un turismo medio que hace 20.000 km/año es de unos **650 €**

**ADVANTAGE 42: Studies have shown that asphalt pavements are the most economic choice. #AsphaltAdvantages**

**REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO** ➔

**JULIO 2019**

L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Logos: asefma, EAPA, eurobitume, ZAS  
 Social media: /asefma, @asefma.es, /company/asefma, @asefma

# PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS.

## ENTREGA 05.

**Andrés Costa**

Miembro Comité Revista Asfalto y Pavimentación

### 5.8. Patología de grietas generalizadas sin deformación superficial

#### 5.8.1 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

Este tipo de grietas se caracterizan por ser generalmente longitudinales y rectilíneas, aunque con alguna pequeña sinuosidad (que las diferencia de las grietas constructivas, punto 5.9), aparecen en la capa de rodadura y se propagan hacia abajo, denominándose también fisuración descendente o Top-Down Cracking (en inglés), situándose normalmente a ambos lados de las rodadas de los vehículos pesados. Posteriormente, en una segunda fase, aparecen algunas fisuras transversales entre las grietas longitudinales, pudiendo llegar a aparecer una fisuración generalizada del pavimento.



Figura 52. Fisuración descendente longitudinal y posteriormente con fisuras transversales en todo el pavimento.

Se diferencia, en este caso, de la patología denominada "piel de cocodrilo" porque en este segundo caso suele haber deformación del firme con hundimiento, mientras que cuando se trata de fisuración descendente, no hay deformación superficial. Para confirmar que se trata de un caso de fisura-

ción descendente, es conveniente extraer algún testigo del firme y comprobar que la grieta aparece en superficie y se transmite hacia el interior del firme pudiendo no afectar a todas las capas del mismo.

#### 5.8.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Esta patología se suele producir por una combinación de baja resistencia o capacidad de deformarse a esfuerzos de tracción de la mezcla bituminosa de la capa de rodadura y por la aparición de esfuerzos de tracción en la superficie del firme. La falta de resistencia a tracción o la excesiva rigidez de la mezcla bituminosa pueden producirse por alguna de las causas siguientes:

- Baja cohesión interna de la mezcla bituminosa por segregación y heterogeneidad del árido grueso y escasez de mastico en algunas zonas.
- Bajo contenido de ligante.
- Mezcla con mayor contenido de huecos (por mal diseño o por deficiente compactación).
- Bajas temperaturas en la superficie del pavimento (especialmente en época invernal).
- Envejecimiento de la mezcla bituminosa, que la vuelve más frágil.

La aparición de esfuerzos de tracción en la superficie del pavimento se puede deber a la acción de las cargas del tráfico como se ve en el gráfico siguiente:

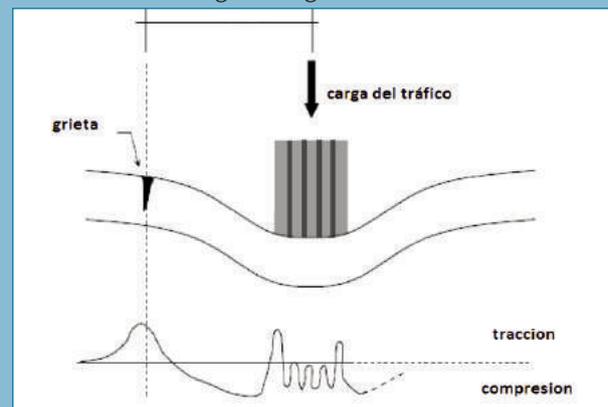


Figura 53. Esquema de la producción de grietas y fisuras descendentes.

Esta patología se ve favorecida por pavimentos envejecidos, por una superficie grande expuesta a las condiciones climatológicas (pistas de aeropuertos) y por variaciones de temperatura en pocas horas que produce dilataciones y contracciones de la mezcla bituminosa.



Figura 54. Fisuración descendente en pista de aeropuerto.



Figura 55. Pavimentos muy envejecidos y con abundante fisuración descendente.

### 5.8.3 INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN EL USUARIO

La presencia superficial de este tipo de grietas facilita la entrada de agua en el firme lo que supone una pérdida de capacidad estructural del conjunto y puede llegar a afectar incluso al cimiento del mismo.

Por otro lado y si el agrietamiento se generaliza, pueden producirse pequeños desprendimientos de zonas rotas y el consiguiente bache, con el riesgo que esto supone para los usuarios.



Figura 56. Agrietamiento descendente generalizado con inicio de pérdida de material.

### 5.8.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

En función del grado de agrietamiento la reparación es diferente.

En fase inicial de aparición de la grieta es conveniente proceder a su sellado para evitar la entrada del agua hacia las capas inferiores y para favorecer un mejor comportamiento a los esfuerzos de tracción descritos como causa de este tipo de fisuración.

Cuando la fisuración se ha generalizado, es necesario proceder a colocar una nueva capa de mezcla bituminosa sustitutiva de la que se ha agrietado. En este caso, una buena solución es utilizar técnicas de reciclado de pavimentos, bien in situ o bien con reciclado en planta asfáltica.

Otra posible solución, en cualquier caso, consiste en la colocación de un tratamiento superficial mediante un microaglo-

merado en frío MICROF 8 o bien una capa de mezcla bituminosa en caliente ultradelgada (con betún modificado) en espesor de 1,5 a 2 cm., sellando o no previamente las grietas existentes. Esta solución permite impermeabilizar la capa de rodadura y facilitar un pavimento más cómodo y seguro. Es una solución temporal, pues las grietas volverán a reflejarse al cabo de un tiempo, pero, por su economía, es una buena solución antes de que la degradación del firme vaya a más.



Figura 57. Grietas descendentes iniciándose, que deberían sellarse.



Figura 58. Grietas descendentes en estado avanzado. Procede colocar una nueva capa de mezcla bituminosa.

### 5.8.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Teniendo en cuenta que los esfuerzos de tracción que aparecen en el firme y especialmente en la capa de rodadura y que se han descrito anteriormente, no es posible eliminarlos, las actuaciones preventivas deben ir encaminadas a mejorar el comportamiento de la capa de mezcla bituminosa en presencia de este tipo de tensiones.

A partir de las causas enumeradas en el apartado 5.8.2 de este entregable, las actuaciones preventivas son las siguientes:

- **Correcto diseño de la mezcla bituminosa y su puesta en obra para evitar segregaciones del árido grueso, para que la mezcla compactada tenga el contenido de huecos óptimo para la mezcla bituminosa elegida.**
- **Utilización de mezclas bituminosas ricas en ligante, sin riesgo de deformaciones plásticas, especialmente en aquellas carreteras sometidas a condiciones climáticas extremas y con elevadas cargas del tráfico pesado.**
- **Utilización de ligantes modificados con polímeros que tienen un mejor comportamiento en cuanto a su susceptibilidad térmica, con un buen comportamiento tanto a baja como a elevada temperatura.**

Las mezclas bituminosas de los tipos SMA 8, SMA 11 y BBTM 11 A, permiten fabricar mezclas ricas en ligante para capas de rodadura sin riesgo de deformaciones plásticas, especialmente si se utilizan betunes modificados con polímeros y se incorpora algún producto como aditivo que aumente la cohesión, como puede ser la fibra de celulosa.

## 5.9. Patología de grietas constructivas

### 5.9.1 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

En esta patología se incluyen aquellas fisuras y grietas que se producen en los encuentros de distintos elementos constructivos; estos encuentros pueden localizarse en las últimas capas de la carretera, o bajo las capas del firme.

En las carreteras, estas grietas las encontramos en:

- **La unión de la calzada con el arcén**
- **En la línea de ampliación del ancho de las calzadas**
- **En los asientos de los trasdoses de las obras de fá-**

brica, en la junta de capas de mezcla bituminosa extendidas en carriles contiguos

- Etc.

Esta patología se encuentra con bastante frecuencia en los viales urbanos por las numerosas actuaciones de reparación y mejora de las canalizaciones de servicio que se encuentran bajo la calzada e incluso con nuevas canalizaciones que se ejecutan a lo largo del tiempo de servicio.

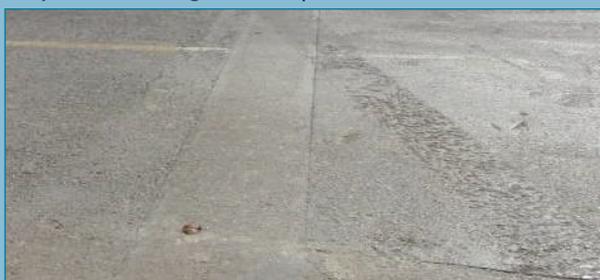


Figura 59. Incluye las grietas de construcción, de ensanches y de asentamientos.



Figura 60. Grietas constructivas en viales urbanos.

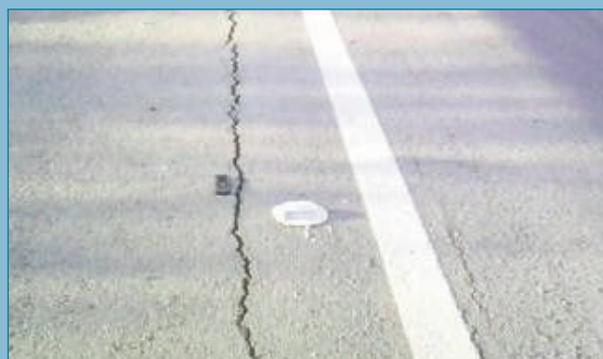


Figura 61. Grieta constructiva entre la calzada y el arcén construidos con distinta sección y materiales.

## 5.9.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

La aparición de este tipo de grietas son los asentamientos diferenciales que se producen en los encuentros de distintos elementos constructivos por muy variadas causas:

Incorrecta puesta en obra. Deficiente compactación

- Es el caso habitual de los hundimientos en los trasdoses de las obras de fábrica, o en el caso de las canalizaciones en los viales urbanos cuando no se compacta correctamente la zanja.

Errores de proyecto. Solicitaciones no previstas para una determinada unidad de obra

- Por ejemplo el caso de los arcones, esta unidad de obra no está proyectada para soportar un tráfico similar al de la calzada, pero si por distintas causas (obras en la calzada contraria, ampliaciones de ca-



Figura 62. Grieta constructiva por asentamiento de zonas de ensanche realizadas en una antigua carretera.

riles por operaciones de salida o llegada, etc.) se hace pasar por el arcén un tráfico superior al de proyecto, se producirán asientos que conducirán a estos agrietamientos.

Causas ajenas a la ejecución de la obra. Aparición de agua no prevista

- Roturas de tuberías en ciudades que provocan el lavado de las tierras sobre las que se apoya la obra de fábrica o la propia tubería, y fallos en las obras de drenaje de las carreteras.

Capas contiguas de mezcla bituminosa

- Cuando al extender capas contiguas de mezcla bituminosa en una carretera y no se ejecuta correctamente la junta longitudinal de unión entre las capas, al cabo de un cierto tiempo aparece este tipo de grieta en la unión de las dos capas de mezcla extendidas.

De todas estas causas se han puesto fotos indicativas en el apartado 5.8.1.

### 5.9.3 INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN EL USUARIO

La aparición de grietas en cualquier vía siempre es peligroso, ya que permite la infiltración de agua y suciedad superficial para las capas inferiores del firme.

Este paso del agua agrava el defecto inicial a la par que provoca otros deterioros como consecuencia de la pérdida de capacidad soporte de las capas granulares y del terraplén, como son roturas, surgencias, etc.

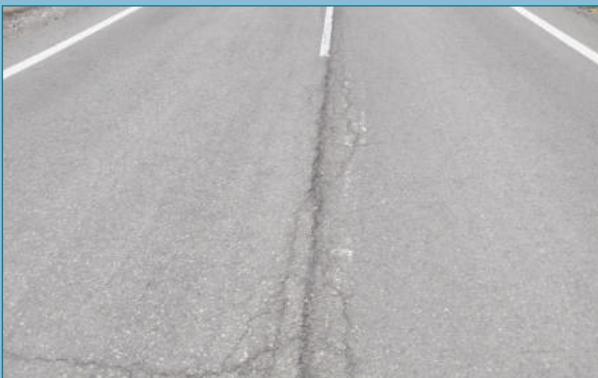


Figura 63. Agrietamiento alrededor de una grieta constructiva por la entrada de agua.

Los problemas que las grietas pueden producir a los usua-

rios van a depender del tamaño del deterioro, pudiendo aparecer grietas suficientemente grandes y con bordes regruesados que son un gran peligro para los vehículos de dos ruedas, como motocicletas, ciclomotores y bicicletas.

Pero los problemas principales que este tipo de patologías presentan son los deterioros asociados: hundimientos, baches, roturas del pavimento, etc.



Figura 64. Deterioros peligrosos asociados a las grietas constructivas.

### 5.9.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

Si nos referimos en exclusiva al defecto "grieta" sin ningún otro deterioro asociado, la reparación consistiría en su sellado.

Pero como se ha indicado, este deterioro, en muchos casos, es consecuencia de asientos diferenciales y, dependiendo de estos asentamientos, el simple sellado, en muchos casos, no lo detendrá, volverá a fisurarse y continuará con otros defectos como son los mencionados de hundimientos, blandones, o roturas del firme.

La reparación de la patología abarcará a la conjunción de



Figura 65. Sellado de grietas constructivas.

los defectos y se realizará según lo indicado en las fichas de estos deterioros.

### 5.9.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Para este tipo de patologías las acciones preventivas las diferenciamos en:

- **Las que se debe haber realizado para evitar su aparición, ya que no es un deterioro como consecuencia del envejecimiento (nos referimos en este artículo a las grietas constructivas) sino por una deficiente ejecución**
  - o *En la redacción de los proyectos, prever solicitudes de más intensidad de tráfico para los arceles.*
  - o *Cuidar la calidad y puesta en obra de los materiales de las distintas capas.*
  - o *Etc.*
- **Las encaminadas a impedir su evolución, y por lo tanto habrá que actuar en función de los deterioros que se vayan produciendo:**
  - o *Sellado de fisuras.*
  - o *Relleno de hundimientos.*
  - o *Capas de refuerzo.*
  - o *Etc.*

### 5.10. Patología de grietas parabólicas

#### 5.10.1 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

Las fisuras o grietas parabólicas, en inglés "slippage", son grietas en forma de líneas de rotura curvadas que se asemejan a parábolas o a medias lunas crecientes. En todos los casos se presentan en la capa de rodadura como un conjun-

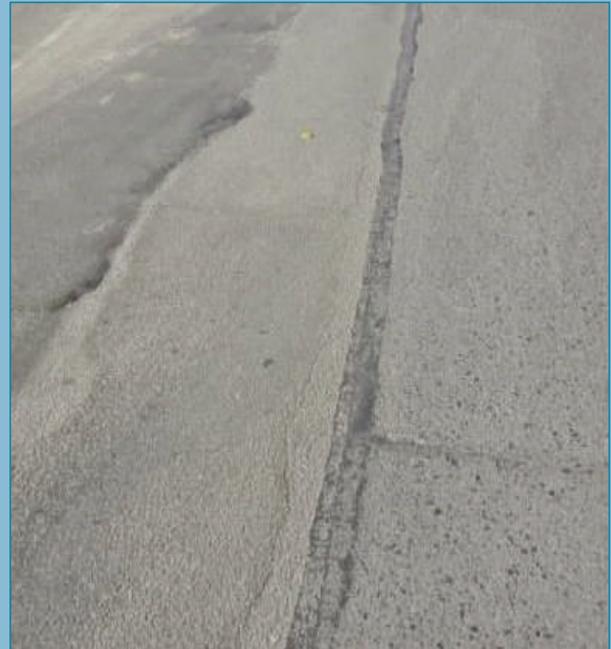


Figura 66. Sellado de fisuras provocadas por una canalización.

to de fisuras paralelas unas a otras y entre ellas se pueden observar fracturas o fisuras de menos entidad. La media luna formada coincide con el sentido del esfuerzo generado por el tráfico.



Figura 67. Grietas parabólicas.

### 5.10.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Este tipo de grietas o fisuras se producen cuando los esfuerzos del tráfico en zonas de frenada, deceleración, aceleración, de giro, etc., inducen al deslizamiento o la deformación de la capa de rodadura. Cuanto menor es el espesor de esta capa más fácil es que aparezcan este tipo de grietas, siempre que se den las condiciones que las provocan.

Estos deslizamientos generalmente vienen asociados a deficiencias en la ejecución del riego de adherencia previo a la extensión de la mezcla bituminosa, como ejemplo:

- **Falta o escasez de riego de adherencia.**
- **Exceso en el riego de adherencia.**
- **Suciedad bajo la rodadura que impide un buen funcionamiento de la adherencia:**
  - o *Polvo.*
  - o *Aceites o combustibles.*
  - o *Materia orgánica en descomposición.*
  - o *Restos de neumático*
  - o *Agua*
  - o *Etc.*

También están influenciados por las características de las mezclas bituminosas, pues se ven favorecidas cuando las mezclas son pobres de ligante, o tienen un exceso de finos o están muy envejecidas y agotadas. Cuando las mezclas tienen un exceso de ligante se suelen producir acompañadas de arrollamientos.



Figura 68. Grieta parabólica con arrollamiento de la mezcla bituminosa.

Las zonas principalmente afectadas por estas fisuras suelen ser travesías, paradas de vehículos pesados, zonas de aeropuerto, y en general localizaciones donde se producen frenazos y aceleraciones o arrancadas, principalmente de vehículos pesados.

### 5.10.3 INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN EL USUARIO

Como cualquier otro tipo de grieta permite la entrada de agua superficial. En este caso es hasta la capa inmediatamente debajo de la rodadura y puede actuar sobre la adherencia entre las capas aumentando el riesgo de la patología y su tamaño. Así mismo favorece el desprendimiento de materiales sueltos del borde de la grieta, lo que supone un riesgo para los vehículos que circulan por la carretera. Cuando la grieta



Figura 69. Grietas parabólicas con desprendimiento de material suelto de la mezcla bituminosa.

ya es grande y se puede ver la capa inferior, según el espesor de la capa deformada, el bache puede afectar a la seguridad vial especialmente a los vehículos de dos ruedas. El conductor tratará de eludir la zona afectada realizando una maniobra brusca e imprevista.

Cuando ya exista bache y en época de lluvia, pueden formarse charcos de agua en la carretera, con el consiguiente

riesgo para los usuarios.

### 5.10.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

Este defecto se encuentra en zonas muy localizadas y en pocos metros cuadrados, inicialmente presentan una abertura de pocos milímetros y suelen progresar hasta varios centímetros, terminando con la disgregación total de la zona afectada lo que supone una grave incidencia para la seguridad y confortabilidad del tráfico.

Mientras los esfuerzos causantes del deterioro sigan actuando sobre la zona afectada ésta irá en aumento, por tanto se recomienda un fresado puntual de la zona fisurada y reposición con una mezcla en caliente de calidad tras haber realizado una buena limpieza de la superficie a pavimentar y un riego de adherencia adecuado.

Normalmente el fresado afectará exclusivamente a la capa de rodadura, aunque conviene eliminar, también, al menos un centímetro de la capa inmediata inferior.

### 5.10.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Siempre es fundamental el estudio y fabricación de una mezcla bituminosa de calidad, así como la aplicación de un riego de adherencia óptimo en cantidad y calidad.

Para estos riegos siempre es recomendable las emulsiones modificadas, especialmente bajo rodaduras delgadas, y especialmente las de tipo termoadherente aplicadas en la dotación recomendada por el fabricante.

En cuanto a las mezclas bituminosas, si se prevén unos esfuerzos especialmente intensos en una zona determinada, se podrá sustituir en estos por una de mayor resistencia y cohesión, por ejemplo fabricándola con betunes modificados.

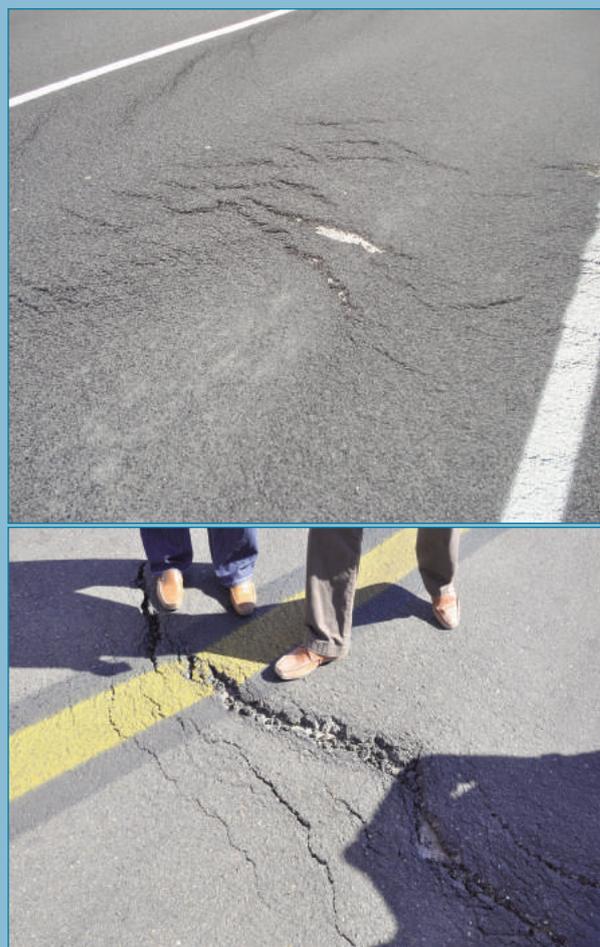


Figura 70. Grietas parabólicas.

# Reducción de los costes sociales y ambientales de las mezclas LIFE-SOUNDLESS.

David García Ruiza,  
M<sup>a</sup> del Carmen Pastrana Zambrana,  
M<sup>a</sup> Elena Hidalgo Pérez ,  
Miguel Angel Morcillo López ,  
Manuel Ignacio Gonzalez Hernández,  
M<sup>a</sup> Begoña Arroyo Martínezb,  
Juana Torres Pérez

Fundación CIDAUT,  
davgar@cidaut.es  
Dirección General de Infraestructuras,  
mariac.pastrana@juntadeandalucia.es  
Eiffage Infraestructuras S.A.  
mehidalgo@infraestructuras.eiffage.es

El proyecto demostrativo LIFE-SOUNDLESS cofinanciado por la Unión Europea tiene como objetivo proponer una nueva generación de asfaltos con materiales reciclados de alta durabilidad y rendimiento acústico. Los materiales reciclados procedentes del final de la vida útil de los neumáticos, polvo de caucho y fibras textiles, y los rechazos de productos plásticos de la industria procedentes de masterbatches, se incluyen en las nuevas mezclas de pavimentos para reducir la generación de ruido de rodadura, y por otro lado, que los pavimentos mejoren su impacto ambiental. Para comprender la importancia de cada concepto, se da un valor de monetización al impacto ambiental y al impacto sobre las personas, y se lleva a cabo una intercomparación de los mismos. Gracias a esto, se muestran conclusiones relevantes que resaltan la importancia de los mapas de ruido de las carreteras y la mejora del impacto acústico sobre las personas como regla prioritaria en la selección de las mezclas asfálticas.

**Palabras Clave:** Ciclo de vida, mezclas asfálticas sono-reductoras, medioambiente, impacto acústico.

The European Project LIFE-SOUNDLESS has the objective to propose new generation of eco-friendly asphalts with recycled materials and high durability and acoustic performance. Recycled materials from end-life tires and plastic rejections from industry are included in new pavement mixtures to reduce rolling noise generation and on the other hand, life cycles of the pavements improve their environmental impact. In order to understand the importance of each concept a monetization value is given about the environmental and social impact and an intercomparison is carried out. Thanks to the intercomparison, relevant conclusions are shown and focus on the importance of noise road maps and the improvement of acoustic impact on people as a priority rule when asphalt mixtures are chosen.

**Keywords:** Life cycle, soundless asphalt mixtures, environment, acoustic impact.

## 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto europeo LIFE-SOUNDLESS tiene por objetivo la propuesta y validación de nuevas mezclas asfálticas sono-reductoras basadas en la reutilización de productos de desecho de otras industrias, para mitigar la contaminación acústica en el punto de origen, garantizando su durabilidad y aplicabilidad, así como en última instancia, alentar a los organismos públicos a su aplicación. Por lo tanto, el proyecto LIFE-SOUNDLESS pretende dar una solución eficaz para dar forma a un futuro sosteni-

nible y saludable en zonas problemáticas por nivel de ruido debido a rodadura de los automóviles, y en especial en las zonas urbanas.

El proyecto también tiene la finalidad de servir de base para la generación de recomendaciones sobre el uso de pavimentos reductores de ruido de rodadura y, por lo tanto, contribuir a la adopción de las especificaciones europeas para pavimentos asfálticos que reducen el ruido.

Dentro de la diversidad de soluciones, en cuanto a pavimentación, existentes, el presente proyecto aborda la mejora

## Reducción de los costes sociales y ambientales de las mezclas LIFE-SOUNDLESS.

y evolución del rendimiento acústico de este tipo de mezclas en zonas cálidas, como es el caso de Sevilla, donde el incremento de betún podría generar otros problemas diferentes de los países del norte de Europa.

En el seno del proyecto se ha considerado fundamental no sólo la reducción de ruido, sino la posibilidad de evaluar, y a ser posible cuantificadamente, las mejoras ocasionadas a la población expuesta a dicho ruido inicial.

Por otro lado, los pavimentos propuestos pretenden no sólo ser útiles mediante el empleo de materiales reciclados, sino que en términos globales, conseguir un menor impacto ambiental dentro de todo el ciclo de vida del pavimento, es decir, desde que se extraen las materias primas, a su manufactura y extendido, y durante el resto de su vida útil. Dada la duración del proyecto, la validación de todo el ciclo de vida del pavimento no se realizará dentro del mismo y por ello, por mantener disgregada las estimaciones de los datos validados, se ha prescindido de los costes asociados al mantenimiento y retirada de dichos pavimentos.

Finalmente indicar que gracias al diseño pormenorizado del diagrama de flujo del proceso de fabricación dentro del análisis del ciclo de vida de los pavimentos, es fácil determinar los costes que implica su fabricación, los cuales y en referencia a los pavimentos sono-reductores propuestos, han de ser en lo posible también menores.

Tras un estudio exhaustivo de las propiedades sono-reductoras de las diferentes mezclas con materiales reciclados y tras comprobar que eran conformes las especificaciones del PG3 (Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes), se han propuesto las siguientes mezclas, para ser validadas en las dos carreteras piloto establecidas:

- SMA8 mezcla con betún convencional y con un porcentaje del 1,0% de plástico reciclado. Extendida en el tramo piloto de la A-376.
- SMA8 mezcla con betún convencional con un porcentaje de 0,5% plástico reciclado y 0,5% de polvo de caucho. Extendida en el tramo piloto de la A-376.
- SMA8 mezcla con betún convencional con un porcentaje de 0,5% de fibras de nylon recicladas. Extendida en el tramo piloto de la A-376.
- SMA8 mezcla con betún convencional con un porcentaje del 1% de caucho sobre mezcla. Extendida en el tramo piloto de la A-8058.
- SMA8 mezcla con betún convencional con porcenta-

je de betún de 6,5% y del 1,5% de caucho sobre mezcla. Extendida en el tramo piloto de la A-8058.

Además, se han tomado a modo de referencia dos mezclas asfálticas, una del tipo SMA (Stone Mastic Asphalt), la cual sirve de base a las nuevas mezclas sono-reductoras, y otra tradicionalmente empleada en España como es la mezcla AC16, es decir, mezcla bituminosa con betún convencional 35/50.

Los tramos piloto seleccionados para la prueba y el análisis del impacto acústico sobre la población fueron seleccionados tras un riguroso análisis de la acústica de la zona, debido al número de reclamaciones por parte de los habitantes del lugar, por la alta sonoridad del tráfico. Tras comprobar que la principal fuente de ruido era el ruido por rodadura del tráfico se delimitó el lugar donde extender las nuevas mezclas sono-reductoras, con el fin de reducir con mayor efectividad la sonoridad ambiental. Dichos tramos seleccionados han sido:

- Tramo 1: A-376 (Sevilla-Utrera). 800 m. 80 km/h. IMD 80.000
- Tramo 2: A-8058 (Sevilla-Coria). 600 m. 50 km/h. IMD 30.000

La situación inicial del pavimento, por ejemplo en el tramo Sevilla-Utrera mostrado en la figura 1, se encontraba en unos niveles aceptables de conservación, por lo que al concluirse que el problema principal era originado por la rodadura de los vehículos, se determinó la necesidad del cambio de mezcla asfáltica. Una vez diagnosticado el origen de la contaminación acústica, se estableció una metodología para evaluar la contribución real que va a aportar la solución propuesta, así como un seguimiento temporal de la misma, durante la vigencia del estudio piloto de 3 años (actualmente se ha cumplido el segundo año). Dicha metodología se basa en dos métodos acústicos de ensayo: el método CPX y el método SPB.



Figura 1. Estado inicial del tramo piloto previo al reasfaltado con las mezclas LIFE-SOUNDLESS.

El método CPX (Close ProXimity method) mide directamente el nivel de ruido de rodadura generado conforme a la norma ISO 11819-2. Por otro lado se emplea también el método SPB (Statistical Pass By noise) que mide el ruido del tráfico real ambiental y que está especificado en la norma ISO 11819-1.

Las reducciones de sonoridad en SPB de las mezclas LIFE-SOUNDLESS propuestas alcanzan los 9 dB en la A-376 y 5 dB en la A-8058. Además cabe indicar que la variabilidad de los tramos es inferior a 1dB, mientras que en el asfalto originario rondaba los 2-3 dB.

## 2. COSTES MEZCLAS SONO-REDUCTORAS

Cuando se habla de costes, hay que advertir que no sólo existen unos costes originados por la fabricación del producto, mantenimiento y retirada, sino que también existen unos costes ambientales. Estos últimos se obtienen, de una manera más o menos estandarizada, transformando el impacto ambiental a costes monetarios, para una más fácil interpretación. Por otro lado, existen unos costes que vienen determinados por el uso de dicho pavimento y entre los que se encuentra el impacto generado por el ruido de rodadura de los vehículos. Dicho impacto acústico influye directamente tanto en las personas como a la fauna. Lamentablemente la valoración del impacto acústico en términos de costes no se encuentran actualmente respaldados por metodologías estandarizadas y la mayor parte de los estudios son genéricos, donde no se vinculan los efectos del ruido con la tipología de la fuente de ruido, y por tanto del tipo de frecuencias transmitidas. Además, es conveniente que dichos estudios también se puedan monetizar para su fácil comprensión y comparación (como en el caso del impacto medioambiental). En el presente artículo se empleará una metodología de estudio publicada por el departamento de medioambiente, alimentación y asuntos rurales (Department for Environment Food & Rural Affairs, DEFRA) del gobierno del Reino Unido, que de una manera conservadora trata de monetizar los daños sobre la salud humana, causados por el ruido originado por el transporte. Dicha herramienta es una de las más evolucionadas dentro de la valoración de los efectos del ruido, y es ofrecida por el gobierno británico para ser empleada en la valoración de políticas y acciones en zonas problemáticas en términos económicos.

A continuación se comentan más en detalle los diferentes

costes analizados en el proyecto LIFE-SOUNDLESS.

### 2.1 Costes de Fabricación

Dentro del proyecto LIFE-SOUNDLESS, se ha realizado un análisis del ciclo de vida (ACV) de los pavimentos asfálticos propuestos, para determinar el impacto ambiental de estos frente a dos de referencia. El hecho de modelar el mapa de los procesos dentro de dicho estudio del ciclo de vida, comporta poder valorar económicamente todos los flujos de materias primas y del proceso productivo implementado, lo que permite establecer los costes de la materia prima y de fabricación por unidad funcional del estudio. En este caso, los costes se han evaluado respecto a la cantidad de material necesario para pavimentar 10 metros cuadrados de superficie. Dentro de las mezclas de referencia, tiene especial relevancia el coste del betún empleado en la mezcla tipo SMA, que se trata de un betún modificado que incorpora polímeros en su composición y por tanto de precio más elevado. No obstante y tal como muestra la figura 2, la mezcla extendida en la A-8058, mezcla del tipo SMA con 6,5% de betún convencional y 1,5% de caucho reciclado de los neumáticos fuera de uso (NFU), se caracteriza por un incremento de la cantidad del betún en un 0,5% más en su mezcla respecto a las otras mezclas propuestas. Por tanto se traduce en un mayor costo del betún. Las diversas mezclas asfálticas propuestas tienen sus propios costes en función también de los aditivos que se incorporen a la mezcla, tal y como se indica en la figura 2 (contribución en color rojo).

Por otro lado, si se suman a las materias primas los costes de fabricación de las mezclas, ver tabla 1 en términos porcentuales, los costes de las mezclas propuestas se empiezan a reducir respecto al de las referencias, e inclusive a la mezcla tipo SMA de referencia. Esto es debido a la mayor cantidad de mezcla AC16 que hay que fabricar para pavimentar 10 metros cuadrados de superficie puesto que esta mezcla se extiende con espesores mayores a las mezclas tipo SMA.

Adicionalmente y tras incorporarse los costes de transporte y de extendido de las mezclas, según muestra la tabla 2, se observa claramente que las mezclas de referencia son las que más coste total tienen respecto a la unidad funcional definida (una superficie de extendido de 10 metros cuadrados), presentando el resto de mezclas, las propuestas en el proyecto LIFE-SOUNDLESS, un coste conjunto inferior. Los efectos de necesitar una mayor cantidad del AC16 también se ve reflejado en

## Reducción de los costes sociales y ambientales de las mezclas LIFE-SOUNDLESS.

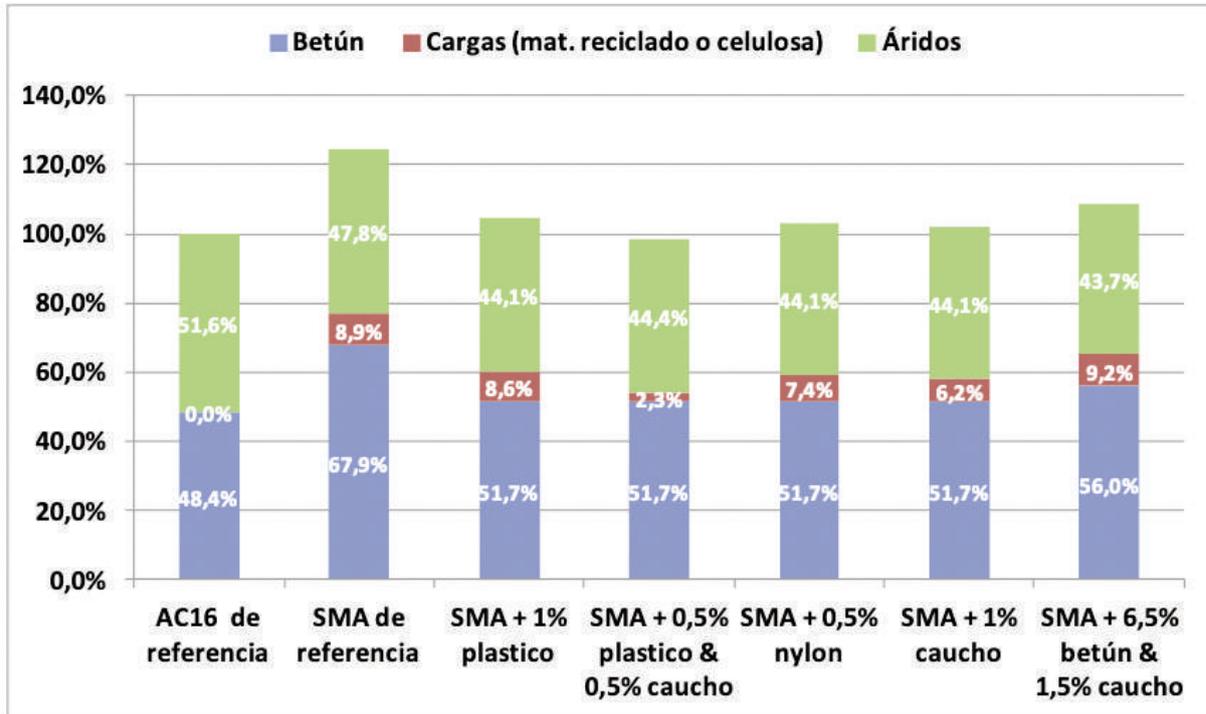


Figura 2. Coste relativo de las materias primas empleadas por unidad funcional (10 m2 de pavimento extendido).

el transporte y extendido, minimizando por un lado los costes totales de la mezcla tipo SMA de referencia respecto de los costes del AC16 y por otro, reduciéndose aún más los costes de las mezclas LIFE-SOUNDLESS propuestas respecto a la mezcla AC16.

Comparando las tablas 1 y 2 y la figura 2, se observa que el coste de la materia prima determina en gran medida el coste final del pavimento asfáltico si exceptuamos la mezcla AC16,

la cual se caracteriza por incrementar los costes en todas las etapas analizadas, dado su mayor volumen de material necesario por unidad de extendido.

Advertir que el coste de mantenimiento y fin de vida del pavimento no ha sido incorporado al presente estudio dado que actualmente está bajo análisis en las pruebas piloto, estudiándose tanto los efectos acústicos en las zonas piloto, como también su durabilidad.

Tabla 1. Coste relativo de la materia prima junto a la fabricación.

		Soundless				
		A376			A8058	
AC16 de referencia	SMA de referencia	SMA + 1% plástico	SMA + 0,5% plástico & 0,5% caucho	SMA + 0,5% nylon	SMA + 1% caucho	SMA + 6,5% betún & 1,5% caucho
<b>100,00%</b>	<b>117,65%</b>	<b>100,62%</b>	<b>95,47%</b>	<b>99,58%</b>	<b>98,54%</b>	<b>104,37%</b>

Tabla 2. Coste relativos totales sin mantenimiento y sin costes de retirada del pavimento.

		Soundless				
		A376			A8058	
AC16 de referencia	SMA de referencia	SMA + 1% plástico	SMA + 0,5% plástico & 0,5% caucho	SMA + 0,5% nylon	SMA + 1% caucho	SMA + 6,5% betún & 1,5% caucho
<b>100,00%</b>	<b>106,61%</b>	<b>94,57%</b>	<b>90,93%</b>	<b>93,83%</b>	<b>93,10%</b>	<b>97,22%</b>

## 2.2 Costes Ambientales

Una vez establecido y validado el proceso de fabricación de cada mezcla, el estudio del ciclo de vida de los pavimentos asfálticos analizados permite cuantificar el impacto medioambiental. Dicho estudio se ha realizado con el software GaBi, que permite evaluar el impacto ambiental utilizando el método de impacto CML 2001 (entre otros), el cual se caracteriza por permitir analizar el efecto sobre diversas categorías de impacto a la hora de evaluar la totalidad del impacto medioambiental. Las categorías incluidas en dicho método son:

- **Calentamiento Global por gases efecto Invernadero (GWP).** Esta categoría de impacto representa el calentamiento global del planeta debido al efecto invernadero.
- **Acidificación (AP).** La acidificación de los suelos y las aguas tiene su origen en la transformación de los contaminantes del aire en ácidos, provocando la denominada lluvia ácida.
- **Eutrofización (EP).** La eutrofización es el proceso mediante el cual el medio terrestre o acuático se enriquece de ciertos nutrientes de forma anómala debido a los contaminantes.
- **Disminución de recursos naturales (Abiotic Depletion),** consideran la reducción de los recursos naturales sin vida (abióticos). Dentro del mismo se clasifican en “elements”, para los recursos minerales, y “fossil fuels”, para las fuentes de energía.
- **Ecotoxicidad.** Esta categoría evalúa las sustancias tóxicas generadas a diversos medios, como son al:

- **Agua dulce** (Freshwater aquatic ecotoxicity potential, **FAETP**).
- **Humana** (Human toxicity, **HHTTP**).
- **Agua marina** (Marine aquatic ecotoxicity, **MAETP**).
- **Tierra** (Terrestrial ecotoxicity potential, **TETP**)
- **Generación Ozono** (Photochemical Ozone Creation Potential, **POCP**). el ozono troposférico es un gas perjudicial para la flora y la fauna.

El resultado del análisis del ciclo de vida (ACV) muestra los valores obtenidos de cada una de dichas categorías, permitiendo de este modo no sólo saber qué pavimento asfáltico es más perjudicial medioambientalmente en cada categoría, sino también en qué etapas/s se produce dicho impacto. En la tabla 3 se muestra para cada pavimento, las categorías y el valor calculado del impacto, en porcentaje relativo al de mayor valor de cada categoría.

Tabla 3. Costes relativos de cada pavimento por categoría de impacto.

	SMA Referencia	AC16 Referencia	SMA +1%plastico	SMA + 0.5plast.&0.5NFU	SMA + 0.5 nylon	SMA + 1%NFU & 6%betún	SMA + 1.5% & 6.5% betún
<b>GWP</b>	98,29	100,00	84,55	84,95	84,82	85,09	87,01
<b>AP</b>	100,00	80,19	68,88	69,23	69,11	69,33	71,28
<b>EP</b>	100,00	99,24	79,40	80,43	80,04	80,68	81,93
<b>ADP Elem</b>	100,00	73,34	59,61	60,31	60,14	60,67	62,00
<b>ADP Fossil</b>	100,00	90,63	77,33	77,72	77,59	77,85	79,78
<b>FAETP</b>	100,00	97,22	83,53	83,97	83,82	84,10	86,43
<b>HHTTP</b>	100,00	83,18	69,87	70,34	70,18	70,49	72,22
<b>MAETP</b>	100,00	68,62	56,58	57,05	56,91	57,25	58,16
<b>POCP</b>	100,00	26,12	30,23	28,38	28,98	27,74	29,76
<b>TETP</b>	87,40	100,00	77,88	78,73	78,28	78,68	78,77

## Reducción de los costes sociales y ambientales de las mezclas LIFE-SOUNDLESS.

Como se observa en la tabla 3, el pavimento asfáltico de mayor impacto se corresponde con la mezcla tipo SMA de referencia. Esto es debido al uso de celulosa en su fabricación y al uso de un betún modificado mediante polímeros, lo cual provoca un impacto bastante significativo en la mayoría de las categorías y lo diferencian del resto de pavimentos analizados. En el caso del calentamiento global (GWP), y de la ecotoxicidad de la tierra (TETP), el asfalto con mayor impacto es la mezcla AC16 de referencia. Esta Mezcla requiere una mayor cantidad de materia prima a igualdad de área de extendida, por lo que por ejemplo, los gastos de combustible en su obtención, fabricación, transporte y extendido afectan directamente a las emisiones de gases de efecto invernadero.

El calentamiento global del planeta (GWP), es la categoría de impacto que más contribuye al coste ambiental total para todas las mezclas analizadas, tabla 4, representando aproximadamente un 70% de dicho coste. Al ser un valor tan significativo, dicho impacto es el que marca claramente las etapas del ciclo de vida que más afectan al medio ambiente y de entre ellas, la producción de la mezcla, suponiendo esta fase de un 30% a un 40% del impacto ambiental de la producción, según la mezcla analizada.

Tabla 4. Impacto ambiental de cada categoría según el pavimento analizado.

	SMA Referencia	AC16 Referencia	SMA +1%plastico	SMA + 0.5plast.&0.5NFU	SMA + 0.5 nylon	SMA + 1%NFU & 6%betún	SMA + 1.5% & 6.5% betún
ADP elements	0,03%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
ADP fossil	23,54%	21,97%	22,11%	22,12%	22,12%	22,12%	22,16%
AP	2,61%	2,15%	2,18%	2,18%	2,18%	2,18%	2,19%
EP	2,02%	2,07%	1,95%	1,97%	1,96%	1,97%	1,95%
FAETP	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
GWP	68,65%	71,93%	71,75%	71,76%	71,76%	71,76%	71,71%
HTP	1,62%	1,39%	1,37%	1,38%	1,38%	1,38%	1,38%
MAETP	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
POCP	1,46%	0,39%	0,54%	0,50%	0,51%	0,49%	0,51%
TETP	0,06%	0,07%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

El siguiente factor que más contribuye al impacto ambiental es la disminución de los recursos naturales, alcanzando el 22% del total. El resto de factores (un 8% en total), resultan poco significativos respecto a los anteriores.

Teniendo en cuenta de forma agregada todos los costes,

el valor de los costes ambientales son aproximadamente en torno a un 10-11% de los costes de fabricación y extendido, tal y como muestra la figura 3.

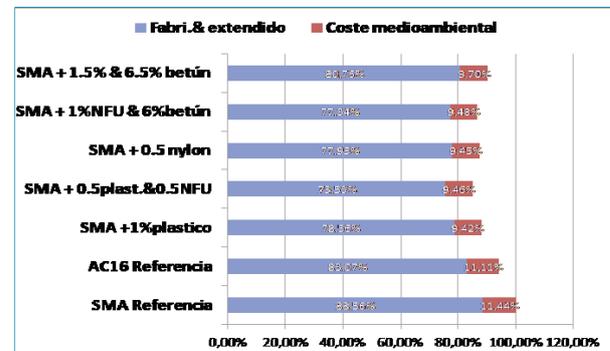


Figura 3. Costes iniciales, producción y extendido junto con los ambientales, respecto al coste inicial del SMA de referencia.

### 2.3 Costes sociales sanitarios.

La Publicación DEFRA n. ° 14228, describe una metodología de valorización de los costes sociales sanitarios de las personas ante una exposición al ruido del tráfico rodado. Dicha metodología utiliza un Modelo de Valores Marginales de Ruido de

Transporte para calcular el Costo Social Sanitario y está basada en diversos estudios de los efectos del ruido sobre la población, realizados por la Organización Mundial de la Salud (WHO – World Health Organization).

El modelo se caracteriza por el uso de valores marginales,

los cuales no sólo tienen en cuenta el valor monetario por el incremento de un decibelio en la exposición de los hogares, sino también el nivel al que se produce dicha variación, siendo un mayor valor cuanto mayor sea el nivel de ruido tratado. La herramienta tiene sus limitaciones, pues no engloba todas las causas que el ruido provoca sobre las personas, sino unas determinadas. Es por ello que su consideración ha de ser de que esta metodología garantiza la determinación de al menos unos costes mínimos, al existir más conceptos susceptibles de ser incorporados.

La herramienta es usada para la evaluación de las zonas afectadas acústicamente y para la determinación de acciones en las mismas, por lo que está pensada como ayuda a las autoridades locales para poder evaluar de una manera fácil, monetaria, las mejores acciones, y siempre con el apoyo de los mapas de ruido. Dado que los costes suministrados son de mínimos, se puede tener la seguridad de que empleando esta metodología aquí aplicada, las mejoras realizadas en los pavimentos son útiles cuando la mejora sobre la salud rebasa sustancialmente los posibles mayores costes de la puesta en servicio de los nuevos pavimentos.

El modelo empleado calcula los costes marginales asociados al aumento en el ruido del transporte por carretera, para los siguientes conceptos:

- Aumento de la hipertensión, lo cual origina un mayor riesgo de accidente cerebrovascular y demencia.
- Alteraciones del sueño, no incluyendo consecuencias posteriores como la bajada de productividad en el trabajo.
- Molestia, como consecuencia de soportar dicho ruido en tiempo real.
- Infarto de miocardio. Aunque en este apartado se sabe que la hipertensión es uno de los motivos del infarto de miocardio, ésta relación no se utiliza en este modelo ya que existe un vínculo directo entre el ruido y dicho infarto y por ello se evitan duplicidades en el modelo.

El modelo se ha adaptado en lo posible a las condiciones de la zona a analizar, en especial por el coste de vida del lugar donde se han implementado, Sevilla. Se ha actualizado la monetización a euros en lugar del sistema que usa la herramienta (libras esterlinas) y se ha analizado según el criterio de valor medio en las distribuciones, dada la procedencia estadística de todos los estudios. Finalmente se ha actualizado la población

objetivo a la de Sevilla en general, no centrándose a la de los barrios afectados debido a que el estudio, para ser más preciso, requeriría saber la edad de cada uno de las personas expuestas y su ubicación respecto de la fuente de ruido, lo que llevaría a un análisis inabordable, además de poco eficiente, dado el carácter orientativo para la toma de decisiones de la herramienta.

Gracias al uso de mapas de ruido, se estableció la población expuesta, tanto en la situación previa de los tramos piloto, como posteriormente. Tras dos años de monitoreo, los valores no han variado significativamente, y por ello, los mapas de ruido tampoco. Para la estimación de las personas expuestas, se han recalculado los niveles de presión sobre las zonas de análisis, con una disminución en la fuente de ruido de 6 dB en el área piloto de la carretera A-376, la cual corresponde con una velocidad media del tráfico en la vía de 70km/h. En el caso de la A-8058, las reducciones son de 2 dBA para una velocidad de 50 km/h de la zona.

En las tablas 5 y 6 se muestran las personas afectadas en ambos tramos pilotos, tanto en la situación inicial como en la actualidad. Destaca especialmente la situación de la A8058, la cual reduce el número de personas afectadas a cerca de la mitad, pese a ser la que menos reduce la presión sonora, debido a que dichas reducciones resultan más efectivas por la distribución de la población en la zona.

**Tabla 5 Distribución de población expuesta en la A8058.**

A8058 puerto			
Situación inicial		Situación posterior	
Nivel	Afectados	Nivel	Afectados
50 to 54 dBA	401	50 to 54 dBA	376
55 to 59 dBA	500	55 to 59 dBA	175
60 to 64 dBA	196	60 to 64 dBA	120
65 to 69 dBA	232	65 to 69 dBA	204
70 to 74 dBA	151	70 to 74 dBA	2
>75 dBA	0	>75 dBA	0
<b>Total</b>	<b>1480</b>	<b>Total</b>	<b>877</b>

**Tabla 6. Distribución de la población expuesta en la A376.**

A8058 puerto			
Situación inicial		Situación posterior	
Nivel	Afectados	Nivel	Afectados
50 to 54 dBA	401	50 to 54 dBA	376
55 to 59 dBA	500	55 to 59 dBA	175
60 to 64 dBA	196	60 to 64 dBA	120
65 to 69 dBA	232	65 to 69 dBA	204
70 to 74 dBA	151	70 to 74 dBA	2
>75 dBA	0	>75 dBA	0
<b>Total</b>	<b>1480</b>	<b>Total</b>	<b>877</b>

## Reducción de los costes sociales y ambientales de las mezclas LIFE-SOUNDLESS.

Conocida la distribución de personas afectadas según la presión sonora, es posible conocer el coste sanitario total que tendrán dichas personas, tanto en el estado inicial de las carreteras piloto, como el coste total en la situación actual:

1. A8058:
  - a. Coste sanitario por año en la situación inicial: 1,017 M€
  - b. Coste sanitario por año en la situación actual 0,498 M€
2. A376:
  - a. Coste sanitario por año en la situación inicial: 5,108 M€
  - b. Coste sanitario por año en la situación actual 2,971 M€

Como se puede observar, el coste por el perjuicio de la salud de la población en dicha zona acústicamente problemática se reduce en ambos casos aproximadamente a la mitad, por cada año de puesta en servicio de las mezclas LIFE-SOUNDLESS, lo que implica una reducción en los gastos sanitarios de la zona al implantar estas medidas.

### 3. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

En este apartado se analiza de forma conjunta, los costes o beneficios de sustituir las mezclas convencionales por las nuevas mezclas sono-reductoras del proyecto LIFE-SOUNDLESS en las zonas acústicamente problemáticas debido al ruido generado de rodadura. Si bien no se ha incluido determinados

conceptos, como es la elaboración de un mapa de ruido para determinar el impacto ambiental acústico, si se ha incluido tanto el coste de fabricación y extendido, el impacto ambiental y los costes sociales sanitarios.

Los costes de mantenimiento del pavimento asfáltico así como los de retirada al final de su ciclo de vida, no están incluidos en el artículo debido a que actualmente se están validando, en cuanto a su durabilidad, así como conservación de sus propiedades sonoreductoras.

Como hipótesis, y con el fin de observar la rentabilidad obtenida en los tramos piloto, se ha realizado una proyección de 5 años en la que se estima que no se ha de ejercer acción ninguna sobre los pavimentos y en la cual se mantienen las propiedades esperadas de los mismos. En dicha situación se ha calculado el Valor Actual Neto (VAN) tanto en la situación inicial como en el caso de pavimentar con una solución tipo SMA con cargas procedentes de residuos reciclables (mezclas LIFE-SOUNDLESS).

El valor actual neto (VAN) usa como flujos de entrada y salida los valores correspondientes a los 10 m<sup>2</sup> de mezcla asfáltica extendida, la cual es la unidad funcional del estudio del ciclo de vida. En el caso del tramo piloto de la carretera A-376 el valor actual neto de la mezcla original se estimó en 14.056 euros por unidad funcional, mientras que con las mezclas LIFE-SOUNDLESS se ha estimado un valor de 8.200 euros por unidad funcional, lo que significa una reducción de costes totales considerados de entorno al 41 %.

Por otro lado, en el tramo piloto de la carretera A-8058 el

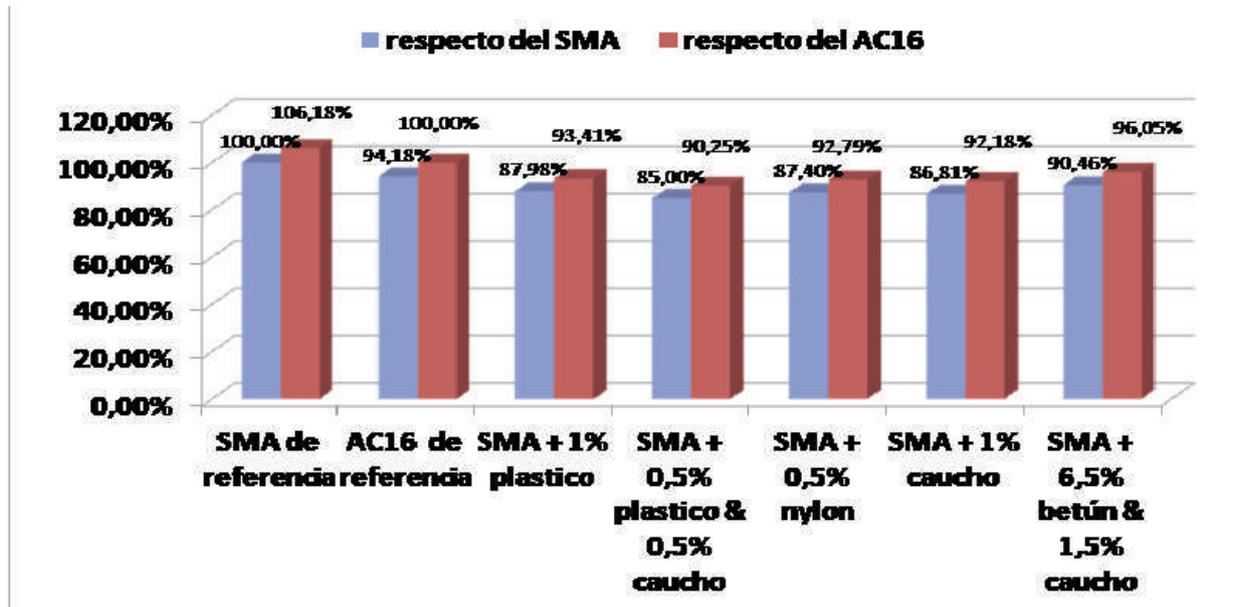


Figura 4. Comparación costes iniciales de las mezclas

VAN inicial por unidad funcional es de 5392 euros, mientras que con una mezcla LIFE-SOUNDLESS es de 2672 euros aproximadamente, lo que reduce el coste total en un 50,4%.

Estas reducciones de coste se deben claramente a la mejora de las condiciones acústicas de la zona, siendo los costes sanitarios los dominantes en el tiempo. Además, dichos costes suponen una mejora en el tiempo, pero también a la hora de planificar el proyecto es necesario considerar cual es el sobreesfuerzo necesario inicialmente. Es por ello que a continuación se mostrarán los costes de fabricación y extendido junto con los costes ambientales de manera separada a los costes sanitarios, con el fin de mostrar si existe alguna mejora también en la inversión inicial o un agravamiento inicial de la misma.

En la figura 4 muestra una comparativa de los diversos pavimentos con respecto a los costes iniciales, es decir, los costes de fabricación y extendido junto con los asociados al impacto ambiental.

Tal y como muestra la figura 4, la mezcla asfáltica más costosa inicialmente es la del tipo SMA de referencia, seguido de la mezcla AC16 también de referencia. Además, todas las mezclas LIFE-SOUNDLESS tienen un coste inicial menor que las mezclas seleccionadas como referencia para la comparación. Es por ello que desde el momento que dichas mezclas se colocan, ya suponen un ahorro. Tal y como se vio en apartados precedentes con relación a los costes iniciales, el 10% corresponde a costes ambientales y el 90% a la fabricación y extendido. En ambos, se mostró que existe tanto un ahorro económico como medioambiental, ya que ambos costes en las mezclas LIFE-SOUNDLESS son menores a las mezclas de referencia.

#### 4. CONCLUSIONES

La reducción de ruido por tráfico rodado debido al uso de las mezclas asfálticas innovadoras desarrolladas dentro del proyecto LIFE-SOUNDLESS implica una reducción de los costes considerados, incluyendo los de fabricación y extendido, asociados al impacto ambiental y al impacto acústico sobre los residentes de la zona afectada. En dicho estudio no se han considerado los costes de mantenimiento ni de retirada del mismo a la finalización de su ciclo de vida debido a que uno de los objetivos del proyecto actualmente en curso es comprobar la durabilidad de las nuevas mezclas. Actualmente las mezclas se

encuentran en su segundo año de puesta de servicio y no se ha observado deterioro físico ni en las propiedades acústicas.

La reducción de costes sanitarios debido a la disminución del ruido por rodadura ha sido muy significativa con respecto al resto de costes, lo que ya asegura su viabilidad a lo largo del tiempo, si las estimaciones a 5 años se cumplen.

El coste inicial, en concreto el de fabricar y extender las mezclas, también se ha visto reducido, por lo que la inversión inicial no condiciona la aplicabilidad de dichas soluciones. Si bien, las mezclas LIFE-SOUNDLESS son de menor costo y de parecida durabilidad esperada respecto a las de referencia, a priori dichas mezclas están concebidas para ser implementadas en lugares acústicamente conflictivos por tráfico rodado, siendo verdaderamente útiles, si el ruido predominante es el debido a la rodadura de los vehículos. Es por tanto necesario la realización de mapas acústicos detallados junto a un análisis profundo de las causas que originan dicho ruido ambiental.

Finalmente comentar también que el impacto ambiental también se ve reducido con las mezclas sono-reductoras, aunque la mejora en una valoración general es poco significativa respecto del ahorro en su fabricación o al beneficio social alcanzado debido a la reducción de la sonoridad. Prácticamente el 70% del coste asociado al impacto medioambiental es debido al efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que el uso de medios de transporte más ecológicos, así como el empleo de energía de fuentes renovables serían aconsejables para la implementación de las mezclas LIFE-SOUNDLESS.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO 11819-1:1997. Medición de la influencia de las superficies de carretera sobre el ruido del tráfico. Parte 1: Método estadístico del paso de vehículos.
- [2] ISO 11819-2:2017. Medida de la influencia de las superficies de la carretera sobre el ruido del tráfico. Parte 2: Método de proximidad.
- [3] Gabi software. Life Cycle Assessment. [www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com). (Último acceso: 13.02.2019).
- [4] DEFRA n.º14228. Transport Noise Marginal Values ModelGuide. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/380849/transport-noise-modelling-tool.xls](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/380849/transport-noise-modelling-tool.xls). (Último acceso: 13.02.2019).



## **Colección de Monografías, en papel, de Asefma**

En estos 10 años, Asefma a través de sus Grupos de Trabajo ha generado una importante colección de monografías.

Ahora se ofrecen en formato papel, dentro de una caja portadocumentos de 30,5 x 21,5 forrada con pliego impreso estucado y plastificado, las primeras 12 monografías publicadas por Asefma.

Aproveche la ocasión de solicitar su colección de Monografías en papel.

Los socios de Asefma tienen un precio especial de **250€, más IVA**. Realice su pedido en [asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)

# MONOGRAFÍAS ASEFMA

Consulte en la web de Asefma los títulos de las 12 monografías

También disponibles en formato DVD

# Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

En esta sección se lista la actualización de la legislación y otras disposiciones, las normas EN que se han publicado, así como las nuevas normas que se han incluido para su revisión y que se encuentran en proyecto, para diferentes materiales relacionados con las mezclas bituminosas (áridos, ligantes bituminosos y mezclas).

En esta entrega se recoge el listado de normas desde el 19 de febrero hasta el 22 de abril de 2019.

## MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 51/SC1)

### NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE EN 13589 (Publicada en febrero de 2019)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de betunes modificados por el método fuerza-ductilidad

## BETUNES Y LIGANTES BITUMINOSOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 51/SC1)

### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 12591 (Última publicación año 2009)** Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación
- **PNE-EN 13074-1 (Última publicación año 2011)** Betunes y ligantes bituminosos. Recuperación del ligante de las emulsiones bituminosas o de los ligantes bituminosos fluidificados o fluxados. Parte 1: Recuperación por evaporación
- **PNE-EN 13074-2 (Última publicación año 2011)** Betunes y ligantes bituminosos. Recuperación del ligante de las emulsiones bituminosas o de los ligantes bituminosos fluidificados o fluxados. Parte 1: Estabilización después de la recuperación por evaporación
- **PNE-prEN 13358 (Última publicación año 2010)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las características de destilación de los betunes fluidificados y fluxados fabricados con fundentes de origen mineral
- **PNE-EN 13702 (Última publicación año 2010)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica del betún modificado por el método del cono y la placa.

## MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC2)

### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-EN 12274-1 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Toma de muestras
- **PNE-EN 12274-2 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del contenido en ligante residual incluida la preparación de las muestras
- **PNE-EN 12274-3 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3: Consistencia
- **PNE-EN 12274-4 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la cohesión de la mezcla
- **PNE-EN 12274-5 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación del contenido mínimo de aglomerante y resistencia al desgaste
- **PNE-EN 12274-6 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Velocidad de aplicación

### MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC-2)

#### NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 12697-1 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble
- **PNE-EN 12697-2/prA1 (última publicación año 2015)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas
- **PNE-EN 12697-3/prA1 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 3: Recuperación de betún. Evaporador rotatorio
- **PNE-EN 12697-5 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima
- **PNE-prEN 12697-6 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-8 (última publicación año 2003)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-10 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 10: Compactibilidad
- **PNE-prEN 12697-11 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 11: Determinación de la afinidad entre áridos y betún.
- **PNE-EN 12697-12 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua
- **PNE-prEN 12697-14 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 14: Contenido de agua
- **PNE-prEN 12697-19 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 19: Permeabilidad de las probetas
- **PNE-prEN 12697-20 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 20: Ensayo de indentación utilizando probetas cúbicas o Marshall
- **PNE-prEN 12697-21 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 21: Ensayo de indentación utilizando probetas planas
- **PNE-prEN 12697-22 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Ensayo de rodadura
- **PNE-EN 12697-24 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 24: Resistencia a fatiga
- **PNE-EN 12697-25 (última publicación año 2006)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 25: Ensayo de compresión cíclico
- **PNE-EN 12697-26 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-prEN 12697-28 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 28: Preparación de muestras para la determinación del contenido de ligante, contenido de agua y granulometría
- **PNE-prEN 12697-29 (última publicación año 2003)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 29: Determinación de las dimensiones de las probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-30 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 30: Preparación de probetas mediante compactador de impactos
- **PNE-EN 12697-31 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 31: Preparación de probetas mediante compactación giratoria
- **PNE-EN 12697-32 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 32: Preparación de probetas mediante compactador vibratorio
- **PNE-EN 12697-33 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placas
- **PNE-prEN 12697-34 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 34: Ensayo Marshall
- **PNE-prEN 12697-39 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 39: Contenido de ligante por ignición
- **PNE-prEN 12697-40 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 40: Drenabilidad in situ
- **PNE-EN 12697-44 (última publicación año 2011)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas en caliente. Parte 44: Propagación de fisura por el ensayo de flexión con una probeta semicircular

## MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC-2)

## NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 12697-45 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 45: Ensayo de rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)
- **PNE-prEN 12697-46 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 46: Fisuración y propiedades a baja temperatura mediante ensayos de tracción uniaxial
- **PNE-FprCEN/TS 12697-50 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 50: Resistencia al desgaste
- **PNE-prEN 12697-53 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 53: Incremento de la cohesión por el método de la esparsión
- **PNE-prEN 12697-54 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-prEN 12697-55 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 55: Evaluación organoléptica de la compatibilidad de los materiales constituyentes de una mezcla con emulsión de betún
- **PNE-prEN 12697-56 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 56: Preparación de muestras mediante compactación estática
- **PNE-prEN 13036-5 (norma nueva)** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-1 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-prEN 13108-31 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- **PNE-EN 13285 (última publicación año 2010)** Mezclas de áridos sin ligante. Especificaciones
- **PNE-prEN ISO 13473-1 (última publicación año 2006)** Caracterización de la textura de pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 1: Determinación de la profundidad media del perfil
- **PNE-prEN 13880-6 (última publicación año 2006)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 6: Método para la preparación de muestras de ensayo
- **PNE-prEN 13880-7 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 7: Ensayo de funcionamiento de productos de sellado
- **PNE-EN 13880-8 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 8: Método de ensayo para la determinación de la variación de la masa de los productos de sellado resistentes a los carburantes después de la inmersión en carburante
- **PNE-EN 13880-10 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 10: Método de ensayo para la determinación de la adherencia y de la cohesión después del alargamiento y compresión continuados
- **PNE-EN 13880-13 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 13: Método de ensayo para la determinación del alargamiento discontinuo (ensayo de adherencia)
- **PNE-prEN 14188-2 (última publicación año 2005)** Productos de sellado de juntas. Parte 2: Especificaciones para productos de sellado aplicados en frío

### MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC-2)

#### NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-CWA 17089 (norma nueva)** Indicadores para la evaluación de la sostenibilidad de carreteras
- **PNE 41265-1 (norma nueva)** Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 1: Control térmico de mezclas bituminosas
- **PNE 41260-1 IN (norma nueva)** Materiales para firmes de carreteras. Mezclas bituminosas. Parte 1: Utilización de cal hidratada como polvo mineral de aportación

### MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146)

#### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 933-2 (última publicación año 1999)** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
- **PNE-EN 1097-2 (última publicación año 2010)** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
- **PNE-EN 1097-8 (última publicación año 2012)** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado
- **PNE-prEN 13043 (última publicación año 2004)** Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas
- **PNE-EN 16236 (Norma nueva)** Evaluación y verificación de la constancia de prestaciones (EVCP) de los áridos. Ensayo de tipo iniciales y control de producción en fábrica

### COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Desde la última publicación de la revista en la normativa se han producido las siguientes novedades:

- Se ha publicado la norma de ensayo para la determinación de la fuerza ductilidad en betunes modificados
- Destacar la publicación de varias normas españolas sobre mezclas bituminosas como la publicación de una norma sobre indicadores para la sostenibilidad de carreteras. También destacar las normas para el empleo de cal hidratada en mezclas bituminosas como mineral de aportación

# Acuerdo de Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan de Contratación Pública Ecológica de la Administración General del Estado, sus organismos autónomos y las entidades gestoras de la Seguridad Social (2018-2025)

El pasado 4 de febrero de 2019 se publicó en el BOE, la Orden PCI/86/2019 de 31 de enero el Acuerdo del Consejo de Ministros de 7 de diciembre de 2018, por el que se aprueba el Plan de Contratación Pública Ecológica de la Administración General del Estado, sus organismos autónomos y las entidades gestoras de la Seguridad Social para los años 2018-2025.

Se puede considerar una continuación del Plan de Contratación Pública Verde aprobado en el 2008 y enmarcado en la Directiva 18/2004/CE transpuesta al ordenamiento nacional por la Ley 30/2007 de 30 de octubre de contratos del Sector Público. Este nuevo plan sigue la línea para el logro de las políticas medioambientales relacionadas con el cambio climático, la utilización de los recursos y la producción y el consumo sostenible.

Su ámbito aplicación por la Administración General del Estado, sus organismos autónomos y las entidades gestoras de la Seguridad Social es la contratación pública de los bienes, obras y servicios considerados prioritaria por la Unión Europea a través de la contratación pública ecológica con un impacto ambiental reducido.

Entre los objetivos de este plan se encuentran:

- Promover la adquisición por parte de la Administración Pública de bienes, obras y servicios con el menor impacto ambiental posible
- Servir como instrumento de impulso de la Estrategia Española de Economía Circular
- Apoyar con medidas concretas para conseguir un cre-

cimiento inteligente, sostenible e integrador garantizando, al mismo tiempo, un uso más racional y económico de los fondos públicos, tanto desde el punto de vista de la inversión como desde el punto de vista de la explotación

- Promover la incorporación de cláusulas medioambientales en la contratación pública
- Dar publicidad en el ámbito de la Administración General del Estado, sus organismos autónomos y las entidades gestoras de la Seguridad Social, de las posibilidades que ofrece el marco jurídico tanto nacional como internacional sobre la contratación pública ecológica

Se han definido una serie de grupos de bienes, obras y servicios prioritarios, fijados por la Comisión Europea, que son contemplados en este plan y descritos en el anexo 1, entre los que se incluyen criterios y especificaciones para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, (se adjunta extracto descrito en el plan)

Dentro de este plan se describen una serie de criterios generales de actuación que serán tenidos en cuenta para los procesos de contratación, entre los que se incluyen los siguientes:

- Disponer de sistemas de calidad homologados que contribuyan a lograr una mejor sostenibilidad ambiental
- Valoración de la vida útil larga en detrimento de los productos con una vida más corta

- La incorporación de criterios de circularidad para mejorar la disposición de las materias primas primando la jerarquía de residuos promovida desde la normativa europea y el propio ordenamiento español
- Se promueve la contratación de bienes y servicios adheridos a un sistema de certificación medioambiental a través de certificaciones ISO y declaraciones ambientales de productos
- Se promoverá la contratación de las empresas que dispongan de un sistema de gestión ambiental adherido al sistema comunitario de ecogestión y ecoauditorias conocido como EMAS

También se evalúa la huella de carbono, para lo cual la administración deberá esforzarse en reducirla y consecuentemente, en adquirir bienes, servicios y productos con la menor huella de carbono calculada de forma comparable. Para ello se entiende la inclusión en el proceso en contratación, entre ellos el de diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, de un criterio de adjudicación que valore la inscripción en el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono.

También se contempla las publicaciones oficiales y tramitación electrónica de procedimientos dentro de la política de la Administración General del Estado en la línea del impulso de las publicaciones digitales.

7. Diseño, construcción y mantenimiento de carreteras	
Diseño	<p>Principales especificaciones técnicas y/o criterios de adjudicación que pueden ser tenidos en cuenta por los órganos de contratación:</p> <p>Reducción del consumo de energía en la fabricación y ejecución de unidades de obra (por ejemplo, mezclas bituminosas semicalientes, mezclas bituminosas templadas, mezclas bituminosas en frío, etc.)</p> <p>Diseño, especificación y gestión de la obra para optimizar la reutilización in situ de los materiales y la tierra excavados (incluida la tierra vegetal), maximizar la reutilización o reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD), de neumáticos y de residuos procedentes de otros procesos industriales y utilizar materiales de construcción con un elevado contenido de material reciclado o reutilizado, incluso los productos secundarios.</p> <p>Especificación de propuestas para reducir las emisiones de ruido (que incluyan soluciones basadas en la naturaleza, es decir, soluciones que se adaptan a las condiciones locales, son eficientes en cuanto al uso de los recursos y son intervenciones sistemáticas inspiradas por la naturaleza o en armonía con esta, que son rentables y proporcionan beneficios ambientales, sociales y económicos al tiempo que contribuyen a mejorar la resiliencia) durante las fases de construcción, uso y mantenimiento.</p> <p>Se otorgarán puntos adicionales a la realización de un estudio sobre la huella de carbono de la carretera en su fase de uso, utilizando herramientas CO2TA del CEDEX o similar, facilitando información sobre las distintas opciones barajadas y la opción final seleccionada.</p> <p>Todas estas opciones también deben ser tenidas en cuenta durante la redacción del proyecto, es decir, deben ser especificaciones a incluir en los mismos, que no puedan ser modificadas en la licitación de las obras ni durante la ejecución de las mismas.</p>
Construcción	<p>Aumento de la durabilidad de los materiales y reducción de las necesidades de mantenimiento.</p> <p>Mejora de eficiencia energética en túneles de carreteras mediante la instalación de balastos electrónicos en alumbrado de refuerzo, iluminación LED en alumbrado base, implantación de sistema de regulación de iluminación, construcción de bóvedas de transición luminica.</p> <p>Reciclado en caliente en central de fabricación para los áridos procedentes del fresado, como en el reciclado in situ con emulsión.</p> <p>Estas especificaciones también deberán ser tenidas en cuenta en la fase de redacción del proyecto.</p>
Conservación o mantenimiento de carreteras	<p>Estrategias de mantenimiento y rehabilitación que incluyan un plan de seguimiento y un plan de mantenimiento:</p> <p>Plan de mitigación de la congestión vial que incluya soluciones como rutas alternativas, carriles reversibles y arcones. A la hora de elegir la solución del firme a construir, en fase de proyecto, se realizará un análisis del coste del ciclo de vida (CCV).</p> <p>En zonas con muy elevado tráfico de pesados (polígonos industriales, puertos, zonas logísticas, etc.) introducción de componentes de control de la contaminación del agua y componentes de capacidad de retención de aguas pluviales, entre ellos soluciones de ingeniería suave (p. ej., soluciones basadas en la naturaleza) en el sistema de drenaje, que incluyan potencial para crear hábitats, en particular para reducir la afluencia de agua de escorrentía hacia el sistema de canalización de aguas pluviales y la cantidad total de agua que llega a dicha canalización o a las aguas superficiales, disminuyendo así notablemente los daños relacionados con las inundaciones.</p> <p>Seguimiento de recomendaciones o criterios técnicos para evitar o reducir los daños derivados de la fragmentación de ecosistemas, incluyendo el diseño de medidas específicas para evitar los riesgos de atropellos de fauna.</p>
<p>Los órganos de contratación pueden consultar con detalle los criterios de la contratación pública verde de la UE en este tipo de contratos en el enlace: <a href="http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/toolkit/roads/ES.pdf">http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/toolkit/roads/ES.pdf</a>.</p>	

# Noticias del sector

En esta sección recogemos informaciones sobre citas relevantes, convocatorias e iniciativas relacionadas con el sector de la pavimentación.

## Se presenta en España la digitalización de la pavimentación de carreteras en GeoRoads I 9

El presidente de la asociación española de fabricantes de mezclas asfálticas, Juan José Potti, participó el pasado 12 de abril en el simposio GeoRoads I 9, un evento que organiza en modalidad exclusivamente online Geotechtips y donde impartió una ponencia sobre la digitalización de la pavimentación de carreteras. Dicho encuentro digital sobre ingeniería civil, fue una oportunidad para los espectadores que siguieron el acto en directo y pudieron realizar preguntas mediante el hashtag #GeoRoads I 9 en Twitter.

En la conferencia que ofreció, Juan José Potti, habló sobre el concepto de Asfalto 4.0, a partir del cual expuso consideraciones ambientales, técnicas y sociales de la pavimentación de carreteras y los principales retos del sector para los próximos años.

Una primera edición del simposio en la que también participó otro español: El catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia, Víctor Yepes, quien abordó la optimización aplicada a la gestión sostenible del mantenimiento de las carreteras y la transición hacia la gestión inteligente.

El programa fue completado con otras cinco conferencias magistrales de ponentes procedentes de México, Costa Rica, Perú y Venezuela, que hablaron sobre:

- Tendencias de los métodos de diseño de los pavimentos flexibles en Europa y USA
- Asfaltos modificados con neumáticos al final de su vida útil
- Desempeño de pavimentos flexibles y semirrígidos a escala real acelerada
- Sistema superior para el control de la calidad del diseño y la construcción de pavimentos
- Políticas públicas para extender la vida de los activos carreteros

## Más de cuatrocientas entidades y personas apoyaron el Día Internacional de la Conservación de Carreteras

El pasado jueves 4 de abril Madrid acogió la jornada de debate promovida por ASEFMA con motivo del Día Internacional de la Conservación de Carreteras, también retransmitida en directo online por el instituto técnico y en Twitter con un debate paralelo agrupado con el hashtag #IRMD2019. Políticos, técnicos, académicos y profesionales vinculados al sector de las carreteras se dieron cita en la Fundación Pons para debatir la incidencia de la conservación de carreteras sobre el cambio climático, pero no solo en Twitter también la comunidad digital del sector se reunió en torno al hashtag #IRMD2019 que logró situarse entre los treinta temas del momento (trending topic) en España: según Trendinalia, se situó entre las tendencias de España del día 4 de abril en Twitter durante 3:40 horas y respecto a su posición global, ocupó el puesto 131 de los temas más mencionados en España durante todo ese día.

Según las estimaciones de TweetBinder, 452 usuarios de Twitter emitieron un total de 3.225 tweets que se traducen en una audiencia de 1.188.992 usuarios y 14.772.788 impresiones. Estos datos de alcance sitúan a la iniciativa de sensibilización sobre la conservación de carreteras en una de las campañas de comunicación digital con mayor alcance dentro del sector.

Entre las cuentas oficiales que contribuyeron a la difusión de Día Internacional de la Conservación de Carreteras se encuentra el Ministerio de Fomento (@fomentogob), la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía (@FomentoAND), la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (@caminosmadrid), el Colegio de Ingeniero Técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles (@citopic), la Asociación Española de la Carretera (@aecarretera), la Plataforma Tecnológica Es-

pañola de la Carretera (@ptcarretera), la Confederación Nacional de la Construcción CNC (@CncConstruccion), la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas ATEB (@ateb\_es), la Agrupación de fabricantes de cemento de España (@Oficemen), la Cámara de Contratistas de Castilla y León (@ContratistasCyl), Signus Ecovalor (@signusecovalor), la Asociación Argentina de Carreteras (@AACarreteras), la Asociación Paraguaya de Carreteras (@apc\_py), la Federación sudafricana de carreteras SARF (@SARF\_01), el Sindicato francés de equipos para la carretera SER (@rou-tepourtous), el Instituto francés de Carreteras, calles e infraestructuras por la movilidad IDRRIM (@IDRRIM), la asociación nacional de pavimentación asfáltica NAPA(NAPATweets), asociación europea de asfalto y pavimento EAPA (@eapa\_org), la asociación eslovena de pavimentación asfáltica ZAS (@ZdruzenjeZas) y el Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto CILA 2019 (@CILA2019).

### ASEFMA participa en el congreso “Road Materials and Pavement Design”

El presidente de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas, Juan José Potti, intervino el pasado 27 de marzo en el congreso “Celebrating 20 Years of Road Materials and Pavement Design” un acontecimiento organizado por la revista que lleva el mismo nombre. Su conferencia magistral aportó un enfoque sobre la perspectiva y los próximos retos en el sector de la pavimentación bajo el título “Actual outlook and next challenges in the paving sector”.

La inauguración del congreso estuvo a cargo de los redactores jefes de RMPD. A continuación miembros del consejo editorial presentaron recientes estudios sobre materiales de carreteras y diseño de pavimentos. El programa del congreso se completó con las comunicaciones de artículos premiados en años anteriores, pero que siguen despertando gran interés, y con siete conferencias de ponentes internacionales.

En dichas intervenciones magistrales, además de la del presidente de ASEFMA, también estuvo la de otro representante español: el profesor Juan Gallego, de la Universidad Politécnica de Madrid, quien habló sobre el aditivo con polvo de neumático al final de su vida útil RARx y lo hizo con una ponencia que llevó por título: “RAR X: A new scenario

for the spreading or rubberized asphalt paving materials”.

El evento fue clausurado por el profesor y redactor jefe de Road Materials and Pavement Design, Hervé Di Benedetto, quien expuso las conclusiones generales del congreso.

### VII Simposio de Túneles de Carretera

En 2019 se cumplen 25 años desde que en junio de 1994 se celebrase el I Simposio nacional de túneles y con tal motivo se ha celebrado este Simposio de Túneles de Carreteras en Barcelona del 12 al 14 de febrero.

La Asociación Técnica de Carreteras, ATC, como Comité Nacional de PIARC, tiene como uno de sus objetivos organizar un Simposio nacional para cada uno de sus Comités cada cuatro años, periodo en el que se desarrolla su trabajo que queda encuadrado entre los Congresos Mundiales de Carretera. Por dicho motivo el año 2019 ha sido el horizonte para la organización del VII Simposio, habiendo sido elegida en esta ocasión, la ciudad de Barcelona dada la larga tradición, no solamente de esta ciudad sino de Cataluña en general, en la construcción de túneles de carretera y en el conocimiento de la explotación de túneles en servicio. Además es un momento ideal dado el empuje que se está dando en la capital condal en la construcción de los túneles de la plaza de Glorias y en los del cubrimiento de la Ronda de Dalt.

A lo largo de los estos años se han abordado temas relacionados con la seguridad, mejora en la explotación, conservación, reparación, nuevas tecnologías, análisis de riesgo, sistemas de evacuación, simulacros, emergencias, sostenibilidad, ... asuntos que siguen de plena actualidad pero además de ellos se plantea en este congreso abordar la problemática actual sobre la globalidad del mundo en el que hoy nos movemos, que hace que, paradójicamente, en algunos aspectos sigamos permaneciendo aislados por lo que el VII Simposio ha llevado por lema “Túneles: acortan distancias, unen personas. Panorama actual y Buenas Prácticas” y ha supuesto un referente de encuentro para todos aquellos interesados en esta materia.

En el programa se han dedicado sesiones de trabajo a “El futuro de los proyectos de túneles de carretera”, “La mejora en la Gestión de los túneles”, “Modelos de explotación y de adecuación de túneles”, “Elementos de diseño .Nuevas

Tecnologías" y "Proyectos e Inspección de Túneles"

## IX Jornada nacional de ensayos para las mezclas bituminosas

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos acogió el pasado 7 de marzo de 2019 la IX Jornada de caracterización de mezclas bituminosas.

Considerada como el principal escaparate de los trabajos científicos realizados en España en el campo de la experimentación con mezclas asfálticas relacionadas con metodologías de evaluación de mezclas bituminosas y pavimentos asfálticos, esta edición aportó una visión crítica a los diez años de mercado CE.

Expertos, académicos, técnicos y personal de la Administración se encontraron en esta novena edición la sesión que da nombre a las jornadas, donde se presentaron las conclusiones de los trabajos de adherencia entre capas desarrollados por ALEAS, comunicaciones libres no expuestas durante la XIII Jornada de ASEFMA y una sesión específica sobre control térmico de mezclas bituminosas.

Como en anteriores ediciones, toda la jornada técnica pudo ser seguida online vía streaming desde la plataforma de ITAFEC y vía Twitter mediante el hashtag #IXJornadaEnsayos.

## La Asociación Española de la Carretera AEC cumple 70 años

A finales de los años 40, el estado de las infraestructuras de carretera de nuestro país podía calificarse de lamentable sin temor a exagerar: Durante la Guerra Civil (1936-1939), los trabajos de construcción fueron inexistentes, y tras la contienda, la reconstrucción se vio dificultada por la escasez de materiales y la inexistencia de maquinaria.

En este contexto, se fragua la Asociación Española de la Carretera (AEC), que nació en 1949 y acaba de cumplir 70 años, siendo una de las entidades más veteranas del sector y atesorando un rico bagaje técnico e institucional. El gran impulsor y socio fundador de la Asociación fue el ingeniero técnico de Obras Públicas Miguel Montabes Calle, quien residía en Estados Unidos cuando en 1948 la American Road Builders Association (ARBA) celebró en Chicago su primer

Congreso. La convocatoria de este encuentro llegó hasta España y despertó el interés de políticos y docentes, pero nadie en nuestro país consiguió el visado de entrada en USA.

Durante las sesiones técnicas, los responsables del ARBA encomendaron a los delegados de los países extranjeros la constitución en sus estados de origen de asociaciones similares. Así nació la Asociación Española de la Carretera, de la mano de este ingeniero y gracias al apoyo que en España recibió de Marcelino Ahijón, Ingeniero Jefe de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas, y del Doctor Ingeniero de Caminos, pintor acuarelista y académico numerario de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando Ángel del Campo y Francés.

El objetivo de la entidad fue lograr una red viaria segura, de calidad, que propiciase y garantizase el progreso económico y el bienestar social. Desde sus inicios, la evolución que ha experimentado ha sido, sin duda, profunda y compleja.

### Una nueva AEC

Su permanente adaptación a todos esos cambios transformaron a la AEC en un referente para el sector viario nacional e internacional. Su proactividad en las redes sociales, el avance hacia la digitalización de todos sus procesos, el desarrollo de plataformas virtuales que contribuyen a la ejecución de sus proyectos y a la difusión de sus iniciativas convierten a la Asociación en un organismo vivo, dinámico y altamente emprendedor. En definitiva, en un líder técnico y un referente de información y opinión rigurosas.

Esta labor de liderazgo tuvo su compensación en 2005, cuando la Federación Internacional de Carreteras (IRF) le concedió el Global Road Achievement Award en la categoría de Advocacy and Lobbying. Con este premio se reconocía la capacidad de la entidad para transmitir la necesidad de desarrollar una red de carreteras moderna, segura y eficiente.

En la actualidad, la AEC cuenta con cerca de 200 asociados, nacionales y extranjeros. En cuanto a sus campos de actuación, destacan la seguridad vial, la conservación, la preservación del medio ambiente, las nuevas tecnologías, la movilidad, nuevas formas de financiación y fomento de la calidad del servicio que prestan las infraestructuras de carretera.

No hay que olvidar, sin embargo, su cara más social y humana encarnada en su Fundación, con proyectos solidarios,

de cooperación y culturales que atienden a políticas de Responsabilidad Social Corporativa. Para conmemorar su 70 aniversario, la Asociación Española de la Carretera está acometiendo a diversas acciones a través de su web y perfiles en redes sociales.

### ACEX otorga el Premio Nacional a la Seguridad en Conservación

ACEX, Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras, organiza la XV edición del Premio Nacional ACEX a la Seguridad en la Conservación 2019.

El objetivo de este Premio Nacional ACEX, que ha llegado ya a su edición número quince, ha sido promover la cultura de la seguridad, tanto en el ámbito laboral como en el vial, en los trabajos de conservación y explotación de infraestructuras y fomentar una actitud positiva en trabajadores, administraciones y empresas del sector de conservación de carreteras, ferrocarriles, presas y demás infraestructuras. Además, la iniciativa ha promovido la investigación y las buenas prácticas en materia de seguridad en el sector, en sus trabajos de conservación de infraestructuras.

ACEX reconoce así la labor y el esfuerzo de los trabajadores, las empresas y las administraciones que han desarrollado actividades con impacto positivo en el ámbito de la seguridad.

Dicho premio ha contado con dos categorías: general (empresas, organismos, investigadores, trabajadores en carretera, medios de comunicación...) y asociados (empresas y trabajadores). El proyecto ganador, en cada una de las dos categorías, ha sido galardonado con 3.000 euros.

El Jurado ha estado constituido por representantes de instituciones como la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, Dirección General de Tráfico del Ministerio de Interior, Instituto Nacional para la Seguridad e Higiene en el Trabajo, Colegio de Caminos, Canales y Puertos y Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, Comité Técnico de Seguridad Vial y de Conservación de la Asociación Mundial de la Carretera, medios de comunicación, asociación sin ánimo de lucro con objetivos en seguridad en carretera, universidad y expertos en seguridad de reconocido prestigio.

Los objetivos valorados han sido especialmente las actuaciones y políticas que tenían a la seguridad como máximo valor; los instrumentos y los modelos de comportamiento que ejemplificasen la positiva relación entre beneficio y coste de la seguridad, las prácticas de aplicación de las medidas de seguridad más allá del cumplimiento legal, la introducción de protocolos o normas de ejecución seguras y los desarrollos o avances en materia de seguridad que sean de fácil extensión o difusión.

¡Felicidades a los galardonados!

#73

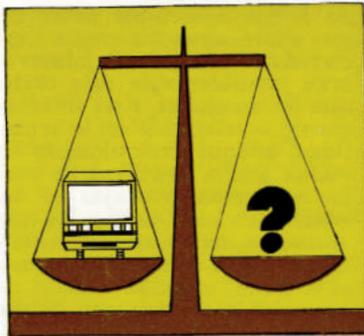
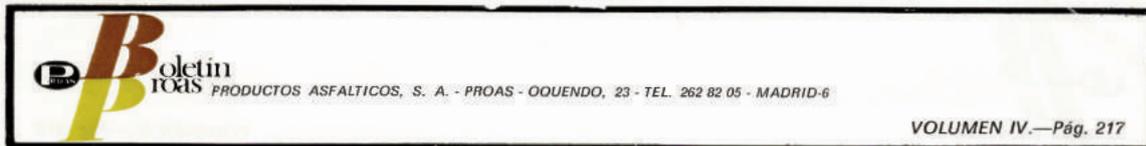
AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las carreteras con pavimentos bien mantenidos con mezclas bituminosas ofrecen una superficie de rodadura cómoda, silenciosa, segura y con bajo consumo de combustible” (Editorial)

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE

# Mirando al pasado

Documento publicado en marzo-abril de 1976.



## COMENTARIO DE ACTUALIDAD

*En esta temporada hay un tema que surge inevitablemente en cuanto se entabla conversación entre dos personas que tienen algo que ver con el proyecto, construcción o explotación de carreteras en España, sea directamente como miembros de la Administración de Carreteras, o indirectamente como contratistas de obras públicas o como suministradores de materiales o elementos para la realización de este tipo de obras. El tema en cuestión es la escasez de medios económicos para la realización de obras de carreteras en el año en curso y la falta de perspectivas de mejora de esta situación, al menos por el momento, para los años inmediatos. Parece ser que las carreteras han caído más o menos en desgracia como inversión pública, pasando, de ocupar un lugar muy destacado en los presupuestos del Estado, a una semi-indigencia que hace pro-*

*nosticar fieros males para un futuro próximo si esta situación no se modifica.*

*Opinan los pesimistas que el momento actual en el mundo es desfavorable para el continuo crecimiento del tráfico de automóviles porque —dicen— el automóvil poluciona el ambiente y es un elemento «alienante» de la civilización actual. El argumento es fácilmente rebatible si se expone abiertamente, ya que ni la polución ocasionada por el automóvil tiene verdadera importancia a escala nacional si se compara con las debidas a otras causas, ni el automóvil es más alienante que otras muchas cosas de nuestra civilización que no se pueden suprimir sin cambiar muchas cosas a lo largo de mucho tiempo y, por supuesto, con las debidas precauciones para evitar ciertos traumas y estrangulamientos.*

*Lo malo es si estos argumentos no se emplean abiertamente, sino que constituyen un trasfondo emocional que ayuda a quienes tengan que tomar decisiones, por motivos quizás razonables pero totalmente distintos, a justificar en su fuero interno algunas decisiones que quizás no están tan claras.*

*Los optimistas, en cambio, opinan que no es concebible una reducción importante en el ritmo de construcción de obras de carreteras ya que éstas son importantes para el mantenimiento del desarrollo del turismo y además constituyen un importante medio de absorción de paro y de introducción de liquidez en el sistema económico en momentos en los que es necesario mantener de alguna forma el ritmo de la economía. Lo cierto es que, por el momento, parece que las cantidades disponibles para construcción y conservación de carreteras en el curso del año 1976 son aproximadamente equivalentes a las del año anterior, a pesar de que se ha producido un considerable incremento de los costos, lo que evidentemente supone una apreciable disminución del volumen de obras de carreteras.*

*Nosotros opinamos sinceramente que son los argumentos de los optimistas los que tienen más peso y que éste que atravesamos ahora será simplemente un bache transitorio que quedará superado por completo el año próximo o, lo más tarde, el siguiente, pero incluso un bache transitorio puede causar daños muy considerables en la industria de la construcción y especialmente en el numeroso grupo de contratistas especializados en obras de carreteras que quizás no puedan encontrar con la rapidez suficiente nuevos campos de actuación que compensen la disminución de volumen en el que habitualmente les es propio. Esperemos que el bache sea poco hondo y sobre todo, corto, muy corto.*

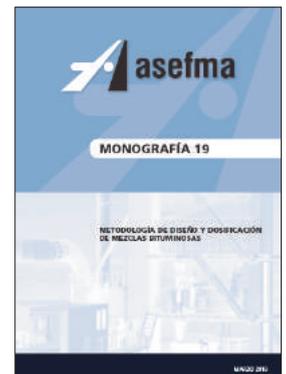


LA  
CARRETERA  
DEL  
FUTURO

# Lecturas recomendadas

**Monografía 19 de Asefma: “Metodología de diseño y dosificación de mezclas bituminosas”. Marzo 2019. 122 p.p**

Esta monografía es el resultado de varios años de dedicación por parte del grupo de trabajo de Aleas encargado de la elaboración de una metodología para el diseño y la dosificación de las mezclas bituminosas. Normalmente las metodologías de diseño de mezclas se centran en los procedimientos de laboratorio para conseguir diseños volumétricos adecuados, mientras que esta monografía da un paso más allá identificando las necesidades funcionales de las mezclas y proponiendo un abanico de opciones. Especialmente destacables son los ejemplos prácticos que se facilitan al final del documento.



**Nota técnica: “State of the Knowledge for the Use of Asphalt Mixtures with Reclaimed Binder Content”. 2018. Federal Highway Administration. 12 p.p.**

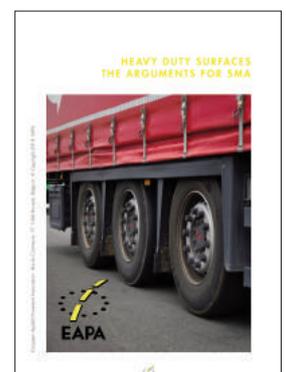
Esta nota técnica hace una recopilación de las prácticas más extendidas en EE.UU. relativas al uso de asfalto recuperado (RA) en las mezclas bituminosas, proporcionando indicaciones sobre la selección del tipo de ligante, porcentajes y la caracterización de las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas obtenidas con el fin de maximizar la durabilidad de los pavimentos.

<https://www.fhwa.dot.gov/pavement/pubs/hif18059.pdf>

**Publicación: “Heavy duty surfaces. The arguments for sma”. Editado por EAPA . 2018. 64 p.p.**

Las mezclas SMA siguen adaptándose a las necesidades de las carreteras y tras varias décadas de experiencia continúan siendo una de las soluciones con mejores prestaciones y durabilidad. La Asociación Europea de Fabricantes de Mezclas Asfálticas ha realizado a través de su Comité Técnico una labor de recopilación en este documento en el que se recogen cuestiones como: las características funcionales de las mezclas SMA en capas de rodadura, su uso en pavimentos de altas prestaciones, la experiencia de uso en Europa, los desarrollos actuales, los beneficios medioambientales que proporcionan y su efectividad coste/beneficio.

[https://eapa.org/wp-content/uploads/2018/11/Heavy\\_Duty\\_Surfaces\\_\\_The\\_Arguments\\_for\\_SMA.pdf](https://eapa.org/wp-content/uploads/2018/11/Heavy_Duty_Surfaces__The_Arguments_for_SMA.pdf)





Madrid, 22 y 23 de Mayo de 2019

# XIV Jornada Nacional asefma 2019

PROVISIONAL

PROGRAMA

**XIV** Jornada Nacional  
**asefma 2019**

22 y 23 de Mayo de 2019

 #XIVJornadaAsefma

**Asfalto 4.0, clave en la  
conservación preventiva  
y en la reducción de  
emisiones de CO<sub>2</sub>**

Hotel Holiday Inn  
Plaza Carlos Trías Bertrán, 4 - 28020 Madrid

Coordinador:

Dr. Ing. Angel Sampedro y Dña. Nuria Uguet

Patrocinan:



Organiza:



Teléf.: 91 129 36 60 • e-mail: [asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)  
[www.asefma.es](http://www.asefma.es)

## Asfalto 4.0, clave en la conservación preventiva y en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>

### INSCRIPCIONES

La inscripción debe formalizarse en:  
**[asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)**

tras haber realizado el ingreso en la Cuenta Corriente:  
Bankinter 0128 0013 29 0100041983

Inscripción on-line a través de:  
**[www.itafec.com](http://www.itafec.com)**

Síguenos en Twitter  **#XIVJornadaAsefma**



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES  
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

Avda. General Perón, 26  
28020 Madrid  
[www.asefma.es](http://www.asefma.es)

T.: +34 911 293 660  
F.: +34 911 293 566  
E.: [asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)

# I+D+i. Proyectos destacados



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Uno de los centros tecnológicos más relevantes en el campo de la ingeniería civil de carreteras es el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica.

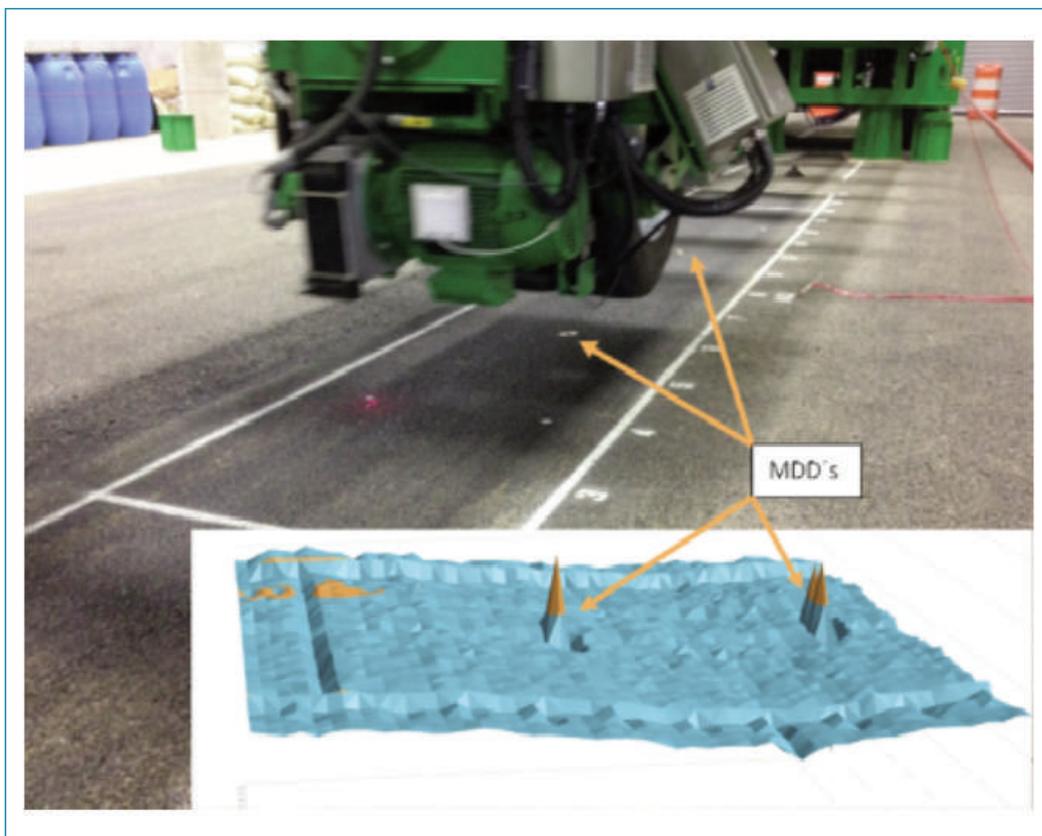
Aunque su actividad no solo se centra en los pavimentos, son éstos el objeto de algunos de sus trabajos de investigación de mayor calado. Además de disponer de uno de los mejores laboratorios a nivel mundial, completa su equipamiento con una pista de ensayo acelerado lo que le permite la validación del comportamiento de diversos materiales.

En el campo de las mezclas bituminosas son numerosos los trabajos llevados a cabo, muchos de los cuales se pueden ver en el siguiente enlace.

<http://www.lanamme.ucr.ac.cr/index.php/proyectos-de-investigaci%C3%B3n/materiales-granulares-y-suelos-2.html?showall=&limitstart=>

Su actividad investigadora se traduce en una gran cantidad de publicaciones científicas, algunas de las cuales se pueden descargar en el siguiente enlace.

<http://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/3>



*"reforzamos el firme,  
consolidamos el futuro"*

*"by reinforcing pavements,  
we guarantee the future"*



# asefma

**La asociación del sector con más  
impacto del mundo en redes sociales  
(índice de Klout 60)**

**The asphalt industry association  
with major impact worldwide on social  
networks (Klout Score 60)**



Síguenos en: / Follow us on:

 @asefma\_es  
(9,700 followers)

 /asefma

[www.asefma.es](http://www.asefma.es)

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES  
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS  
OF ASPHALT MIXES

Avda. General Perón, 26  
28020 Madrid (Spain)  
[www.asefma.es](http://www.asefma.es)

T.: +34 911 293 660  
F.: +34 911 293 566  
E.: [asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)



## Blog “Motores y carreteras”

En diciembre del año pasado la digitalización del sector recibió una triste noticia: el blog “Motores y carreteras”, del ingeniero @Jacintoluisgs (persona) o @Jluisgsa (blog), nos anunciaba que con la magistral entrada o post, como siempre, correspondiente a la cuarta entrega sobre la historia de los firmes asfálticos (jueves, 13 de diciembre de 2018), daba por finalizada su larga vida que había comenzado otro jueves, el 20 de junio de 2013, con una breve entrada crítica sobre la organización y normas que regían, por aquel año, en la Fórmula 1.

Porque este blog, en honor a su nombre, ha correspondido siempre al análisis certero y escrupuloso de dos temáticas: el Automovilismo (Fórmula 1), y las Carreteras (Firmes y Estructuras). Precisamente las dos pasiones técnicas de su autor, el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Jacinto Luis García Santiago, con varias décadas de profesión en el campo de la ingeniería civil y que, a partir de su jubilación, decidió mezclar su afición por las carreteras con la del automovilismo, dándole forma y contenido en el que, posiblemente, se haya convertido para siempre en uno de los blogs de referencia para el sector viario, con unas cifras record de visitas muy difíciles de superar.

Las entradas han versado sobre temáticas muy diversas: historia de la Fórmula 1 y otras competiciones, Ferrari, buenas prácticas en la fabricación y ejecución de mezclas asfálticas,

capas tratadas con cemento, la necesidad de la conservación de las carreteras, historia de las carreteras y de los pavimentos asfálticos, etc.

En esta breve reseña nos gustaría destacar, por su extraordinario nivel y para no perderse, la última serie de cuatro entradas sobre la historia de los firmes asfálticos, así como los post más visitados, que se corresponden con temas tan interesantes y peculiarmente tratados como los problemas de las obras de pavimentación con mal tiempo, el sorprendente procedimiento de asfaltado de las curvas sobre-peraltadas en circuitos de velocidad, las buenas prácticas en la ejecución de juntas y rehabilitación de firmes envejecidos, y la complicada técnica de fresado para rehabilitación de pantallas asfálticas de impermeabilización en presas y embalses.

Como puede apreciar el lector, y más aún cuando se sumerja en las páginas de <https://jluisgsa.blogspot.com/>, estamos ante un auténtico repositorio del arte y saber de un ingeniero 2.0 excepcional, al que no podemos más que darle las gracias y, abusando de la confianza de que Jacinto L. García es un miembro del Comité de Redacción de esta Revista, queremos rogarle que no nos abandone de esta manera, sino que, además de mantener abierto este blog, siga incorporando alguna entrada magistral de vez en cuando...

¡MUCHAS GRACIAS!

#74

### AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“El desarrollo e innovación continua en las mezclas asfálticas permite disponer de soluciones muy eficientes en cuanto a Seguridad Vial con un alto nivel de adherencia y bajo siesgo de hidroplaneo” (Editorial)

#CONFORT\_Y\_SEGURIDAD

[www.itafec.com](http://www.itafec.com)

Los tiempos están cambiando  
Entra en la web y regístrate

Entra en la web y regístrate

Ya somos más de 5.000 usuarios registrados de itafec

# ¿Quieres ser **Produmer**?

En el mundo analógico se venden **Productos**, en el mundo digital se intenta crear un ecosistema con los clientes o **Customer**. En **itafec** queremos que nuestros usuarios se sientan **Produmer** y participen en la transformación digital, hazte usuario premium

Descubre los cambios de la web **muy pronto en itafec**



EVENTOS

RECURSOS

AUTORES

NOTICIAS

SOBRE NOSOTROS

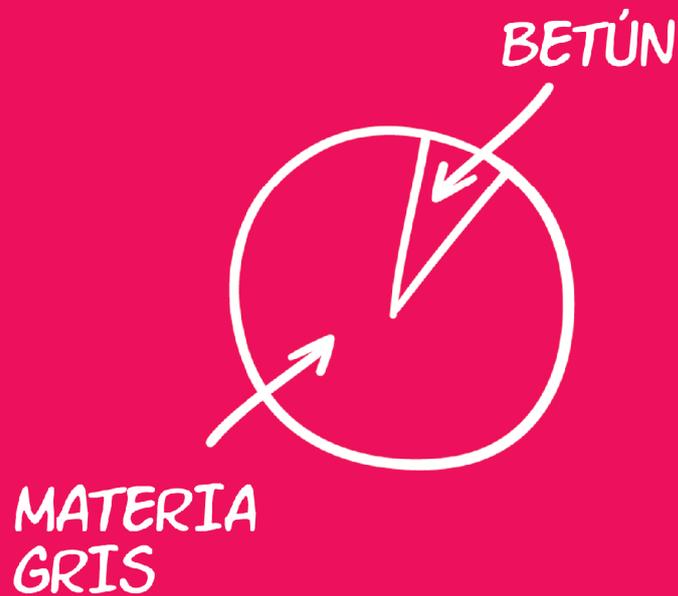
FAQ



Motor de transformación  
digital del sector

# Motor de transformación digital

Podemos hacer crecer tu presencia en el mundo digital



## En realidad, construir una carretera necesita muy poco betún.

¿Tienen idea de cuanta inteligencia contiene una carretera? Probisa construye carreteras que desactivan los gases contaminantes, drenan la lluvia, absorben el ruido. Carreteras más seguras que mejoran la frenada, que resisten al calor, al hielo, a la intemperie. Carreteras ahorradoras de recursos naturales. Carreteras inteligentes gracias a la suma del talento de nuestros colaboradores.

Probisa  
Abrimos paso a nuevas ideas



# Innovar está en nuestros genes

En Repsol, la innovación forma parte de nuestra esencia. Por eso, en el Centro de Tecnología Repsol dedicamos todo nuestro esfuerzo a la investigación y desarrollo de asfaltos que hacen nuestras carreteras más seguras, eficientes y sostenibles.



**REPSOL**

*Inventemos el futuro*

Más información en [repsol.com](https://www.repsol.com)