

# ASFALTO

## y pavimentación

Número 21 · Volumen VI · Segundo trimestre · 2016

número **21**





# CARRETERA A ESTRENAR CADA DÍA

En Cepsa queremos cuidar y conservar las carreteras siempre en perfecto estado. Por ello, disponemos de una amplia gama de betunes convencionales, desde la Gama ELASTER de última generación en betunes modificados con polímeros, hasta masillas sellantes.

Mantener las carreteras es fácil con los Asfaltos de Cepsa.

Más información en el **91 337 60 00** o en **[cepsa.com/asfaltos](http://cepsa.com/asfaltos)**



**CEPSA**

*Tu mundo, más eficiente.*





Número 21 • Volumen VI  
Segundo trimestre • 2016

#### ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

##### Director

Juan José Potti

##### Comité de Redacción

Andrés Costa, Jesús Felipo,  
Jacinto Luis García Santiago,  
Lucía Miranda, Jorge Ortiz,  
José Luis Peña, Nuria Querol,  
María del Carmen Rubio,  
Ángel Sampedro, José Antonio Soto,  
Miguel Ángel del Val

##### Secretario

Andrés Pérez de Lema

##### Coordinador

José Carlos Cámara

##### 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.asfaltoypavimentacion.com  
asfalto@asfaltoypavimentacion.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 21 • Volumen VI • Segundo trimestre • 2016

## Editorial

XI Jornada Nacional de Asefma

05

## Tribuna

Juan José Potti y Miguel Ángel del Val

07

## Tribuna

Andrés Pérez de Lema

09

## Mezclas bituminosas recicladas semicalientes con espuma de betún

José Ramón López Marco, José Berbis Latorre, José Ramón  
Albert García, Jesús Felipo Sanjuán, Alberto Moral Quiza

11

## Estudio del uso de ligantes modificados en mezclas antifisuras

Ignacio Pérez, Vicente Pérez, Antonio García, Félix Pérez,  
Rodrigo Miró, Ramón Botella

21

## Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

Andrés Costa

31

## Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas. Parte II: Presencia de lluvia

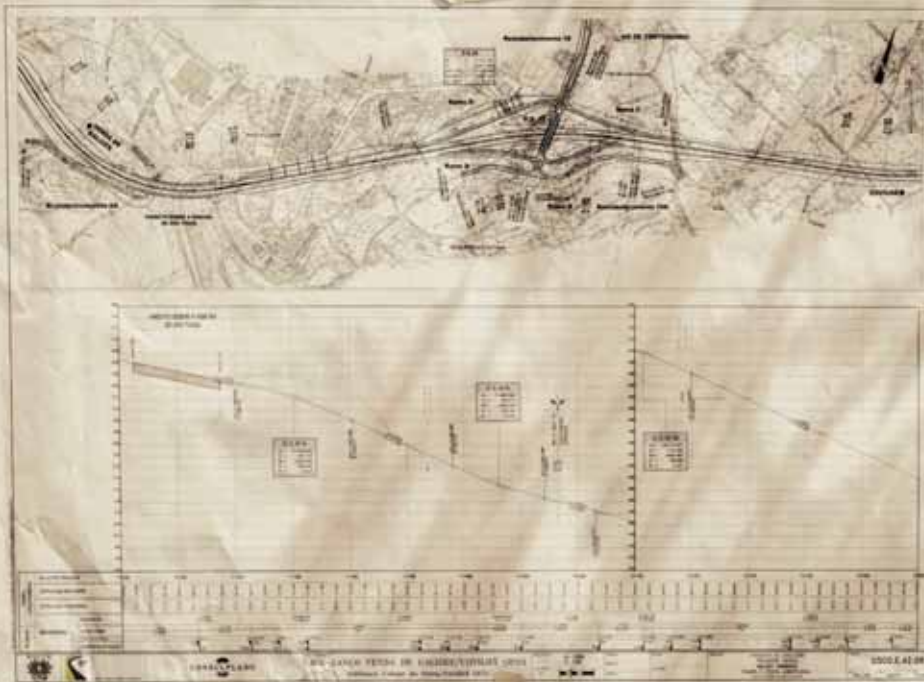
Jacinto Luis García Santiago

35

## Secciones fijas

Descripción de ensayos para mezclas bituminosas,  
Normativa, Noticias, Calendario, Mirando al pasado,  
Lecturas recomendadas, Lecturas comentadas, I+D,  
Redes sociales, Afirmaciones asfálticas

41



## ***1/4 de obra es obra nuestra***

Quien está acostumbrado a acometer grandes proyectos, sabe que confiar en Galp Energía significa tranquilidad al respecto de una parte de su obra. Desde los combustibles y el fuelóleo pasando por los betunes, Galp Energía garantiza un servicio y un acompañamiento técnico orientado al cliente y sin errores en los momentos críticos. Una seguridad que sólo alguien que está cerca del cliente puede ofrecer. Use nuestra energía y manos a la obra.

Tel.: 91 714 67 00 - Fax: 91 714 68 71 - E-mail: [buzon.espana@galpennergia.com](mailto:buzon.espana@galpennergia.com)



# XI Jornada Nacional de Asefma

 Hace cinco años, durante la celebración de la VI Jornada Nacional de Asefma, se daba a conocer el nacimiento de Asfalto y Pavimentación. Ahora, la aparición de este número 21 va a coincidir con la XI Jornada Nacional, que se va a celebrar en Madrid los días 11 y 12 de mayo de 2016 bajo el lema: *"La conservación de las vías públicas, una necesidad social"*.

El programa de este año pone el foco en las necesidades de conservación de las vías públicas de los ayuntamientos, de las carreteras de las administraciones locales y de las que forman parte de las redes autonómicas. Durante el primer día habrá tres sesiones, dedicadas, respectivamente, a las vías de baja intensidad de tráfico, a las vías urbanas y a las carreteras de las comunidades autónomas; al final de la primera jornada se entregará el "Premio a las Mejores Prácticas Ambientales" de 2016. El segundo día se dedicará a las comunicaciones libres recibidas y a presentar tres nuevas monografías de Asefma; antes de la clausura se entregará el premio a la mejor comunicación libre de este 2016.

La XI Jornada Nacional de Asefma tendrá una presencia importante en las redes sociales con el hashtag #XIJornadaAsefma y será emitida íntegramente en streaming. Esto es algo con lo que se empezó hace cuatro años. La anterior, la X Jornada, llegó ya a superar los diez millones de impresiones en Twitter, logrando así un verdadero récord. Reseñar esto aquí es obligado, porque sin duda uno de los grandes cam-

bios en los últimos años ha sido la generalización del empleo de las redes sociales como medio de comunicación también en el mundo de las carreteras y del asfalto. Esta revista, que nació con la intención de ser global, multilingüe y digital ha superado ya las 7.500 descargas mensuales (gratuitas a través de la web de Asefma).

En esta misma línea, en la tarde del día 11 de mayo se va a llevar a cabo en la propia sede de la Jornada el I Encuentro de "Blogueros del Asfalto". Se trata de una original iniciativa de Asefma que pretende mostrar toda la actividad, que en forma de blogs, ya se desarrolla en torno al sector de la pavimentación. Habrá ocasión así de conocer directamente distintas experiencias procedentes del ámbito académico, de las empresas del sector, de los colectivos de usuarios y del mundo de los medios de comunicación.

En definitiva, comunicación, conocimiento técnico, redes sociales, blog, carretera, asfalto, conservación, jornadas técnicas son palabras cargadas de contenido para el sector que Asefma representa y para quienes trabajamos desde hace más de cinco años en esta publicación. Una vez más compartimos el lema de la Jornada: *"La conservación de las vías públicas, una necesidad social"*, que significa, simplemente, que los ciudadanos deben ser consciente de la importancia de las vías públicas en sus vidas, puesto que todo lo que nos rodea nos ha llegado gracias a las carreteras; por tanto, su adecuada conservación es una verdadera necesidad social.



1988 - 2013  
**25** AÑOS

# VIATOP®

## El "Pellet".

### Liderando las SMA desde 1988



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



Fibras diseñadas  
por la naturaleza  
Una compañía del grupo JRS

C/ Travesera de Gracia, 56, 2º2ª  
08006 Barcelona  
Tel: 933 262 880 • Fax: 933 262 897  
[www.jrsiberica.com](http://www.jrsiberica.com) • [info@jrsiberica.com](mailto:info@jrsiberica.com)

# Se avecinan importantes cambios



**Juan José Potti**

Presidente ejecutivo

Asefma

@jjpotti



**Miguel Ángel del Val**

Catedrático de Universidad

(UPM)

@delValMA

La aparición de los vehículos a motor tiene sus orígenes en el siglo XVIII. El primer vehículo a vapor es el "Fardier", creado en 1769 por Nicolás Cugnot; era muy pesado, demasiado ruidoso y tenía un aspecto temible. Las primeras compañías creadas para fabricar automóviles con motores de combustión interna fueron las francesas Panhard et Levassor (1889) y Peugeot (1891). En el año 1900 da comienzo la producción industrial de automóviles en Francia y en Estados Unidos y en 1908 Henry Ford comenzó a producir automóviles en una cadena de montaje, un sistema totalmente innovador que le permitió alcanzar cifras de fabricación hasta entonces impensables.

Esa producción industrial de vehículos a motor, iniciada hace ahora algo más de un siglo, obligó a acometer de manera generalizada la pavimentación de las carreteras, aunque la tecnología había surgido ya en el siglo XIX. En esta Tribuna pretendemos vincular esos ya lejanos antecedentes históricos con lo que está ocurriendo ahora y que puede ser tanto o más revolucionario para la carretera.

Desde hace más de diez años se viene hablando en el sector del automóvil del coche eléctrico. En la actualidad se comercializan varios modelos de conocidas marcas. España, con cinco modelos, es el primer fabricante de coches eléctricos de Europa. Aparte de la novedad el número actual de vehículos eléctricos es apenas simbólico: en España circulan menos de 4.000, lo que representa poco más del 0,01 % del total.

Dicho esto, hace unas semanas se presentó un nuevo vehículo eléctrico de la marca Tesla que consiguió en menos de veinticuatro horas más de 150.000 pedidos; estas cifras no son en absoluto despreciables, todo lo contrario. En el salón del automóvil de Francfort de este año la marca Porsche ha confirmado que su modelo Mission E será comercializado antes del año 2020; se trata de un vehículo totalmente eléctrico de aspecto similar al 911 y con prestaciones extraordinarias. Desde el punto de vista de la infraestructura el gobierno británico ha iniciado un ambicioso plan para implantar un nuevo carril en las autopistas reservado para los vehículos eléctricos y con la pretensión adicional de que se pueda producir en ellos su recarga sin que los vehículos tengan que alterar las condiciones de la marcha. No son casos aislados y la industria del automóvil está explorando por otro lado combustibles alternativos a los sistemas convencionales de propulsión.

Por otro lado, el coche autónomo (*driverless car*) parece una realidad muy cercana. Audi anunció hace unas pocas semanas que comercializará el primer coche autónomo antes del 2019. Google parece que avanza también en su deseo de fabricar su propio vehículo autónomo e incluso se afirma que está siendo ya probado bajo tráfico real. En esta deriva hacia los vehículos autónomos, fabricados por empresas vinculadas con internet o con productos de informática, ya nadie duda de que Apple y su famoso proyecto Titan pueden aportar algo más que una nueva forma de circular por carretera.

Además de estas importantes noticias sobre nuevos desarrollos en el campo de la automoción, desde el compromiso de París para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> (COP21) han sido numerosas las voces que reclaman una gestión diferente del sistema de transporte y de sus diferentes modos (incluyendo, lógicamente, la carretera), una optimización de las fuentes de energía del transporte, cambios radicales en los criterios de acceso a las grandes ciudades o a los centros comerciales, etc. En Francia la ministra de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer ha anunciado también recientemente la próxima construcción de 1.000 km de carreteras con superficie constituida por paneles solares. Se habla ya también de la producción de energía a través de la recupera-

## Se avecinan importantes cambios

ción de la propia energía cinética de los vehículos que se disipa a través de los neumáticos.

Estos cambios a los que se ha aludido van a suponer la necesidad de cambios, muy importantes también, en el diseño de las carreteras, en su gestión y en su conservación. Las carreteras no podrán ser como las de ahora si una proporción apreciable de los vehículos que circulan lo hacen de manera autónoma, sin conductor, ni tampoco si una proporción aún mayor de los vehículos está conectada (con otros vehículos, con la propia infraestructura y con los gestores). Los pavimentos no serán como los de ahora si además de cumplir su misión tradicional contienen elementos para la producción, el almacenamiento y la distribución de energía. Finalmente, el estado de los pavimentos no podrá dejarse deteriorar como desgraciadamente ha ocurrido en estos últimos años si queremos que sobre ellos circulen vehículos autónomos o vehículos conectados (cuyos requerimientos de circulación son en este sentido mucho más elevados que los de los vehículos convencionales) y menos aún si pretendemos que contribuyan de manera eficiente a la reducción de las emisiones, las cuales se incrementan muy notablemente a medida que aumenta la irregularidad superficial.

#41

### AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

**“En la lucha contra el cambio climático, los firmes asfálticos reducen emisiones con mezclas de baja temperatura (semicalientes y templadas)” (Editorial, número 20)**

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE



# ¡Programa, programa, programa!



**Andrés Pérez de Lema**  
Editor de la revista  
Asfalto y Pavimentación

Reconozcámoslo, nuestra actividad, está íntima y peligrosamente ligada a los políticos. Esperamos los resultados de las elecciones como un vital y trascendental augurio de cómo nos van a tratar los gobernantes de turno. Es aguardar el despertar de la marmota Phil en Punxsutawney, Pennsylvania. Si sale de su madriguera y no ha visto su sombra, la primavera se adelantará y si la puede ver, significa que quedan seis semanas más de invierno.

Este insano maridaje nos hace depender al cien por cien de las arbitrarias decisiones que, en muchos casos, pueden servir a intereses de partido, ajenos al conocimiento y necesidades de la carretera.

Esto es, gentes que en muchas ocasiones y por causas de diversa índole han experimentado sucesivas patadas hacia arriba en sus carreras políticas, hasta alcanzar las más altas cotas de inanidad.

Todo esto sea dicho con la sorna, ironía y el desenfadado aire que requiere este trance electoral.

“Respect”, como decía Platini.

Recurrir al programa electoral de cada partido es una labor infructuosa. He adivinado entre ese lenguaje de vendedores de crecepelo del lejano Oeste, un océano de vaguedades, generalidades y buenas intenciones. Entre los términos que más se repiten, encuentro ‘sostenibilidad’ y ‘eficiencia’. Se repiten como un mantra que esquiva el compromiso y la certeza.

La palabra que más echo en falta es ‘mantenimiento’. No dudo que, entre el rosario de partidos, se haya infiltrado algún técnico cualificado, honesto y sensato. ¡Escúchenlo!

Utilicen a nuestros extraordinarios profesionales de las administraciones públicas. Son muy buenos, de verdad. Escuchen a las patronales del sector. Escuchen a nuestros docentes. Escuchen a los usuarios. Escuchen a sus homólogos de otros países.

Un médico español se trasladó a Corea del Norte para hacer un chequeo al maltrecho Kim Jong-Il. Tras analizar los resultados, le sometió a una dieta estricta y el “pájaro” mejoró espectacularmente. El galeno preguntó a sus colegas por qué no habían hecho lo mismo, a lo que los sumisos súbditos le respondieron que no se habían atrevido a decirle la verdad al líder supremo.

Mientras sus señorías se deciden, yo aguardaré pacientemente a que formen gobierno para soltarles ‘Y de lo mío, ¿qué?’ No nos queda otra, esperar el reparto.

#42

## AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“El reciclado in situ con emulsión es una solución eficiente, muy sostenible, adaptada a la lucha contra el cambio climático y con excelentes prestaciones cuando es aplicada en época climática adecuada” (Art. Influencia de la temperatura de mezcla en las propiedades mecánicas de los reciclados en frío con emulsión, número 2)

#INGENIERÍA

## FABRICANTE Y DISTRIBUIDOR DE EQUIPOS PARA INGENIERÍA CIVIL

### ARRB



- SOLUCIONES INTEGRALES PARA PAVIMENTOS: PERFIL LONGITUDINAL, TRANSVERSAL, MACROTEXTURA, RUGOSIDAD (IRI), ETC.

### ASFT



- LIDER MUNDIAL
- MEDIDA CONTINUA DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN EN CARRETERAS
- CORRELACIÓN CON EL PÉNDULO BRITÁNICO Y CON EL SCRIM EN TRES VELOCIDADES: 30-60-90 KM/H

### TRIAxIAL AUTOMÁTICO

- PARA SUELOS, ELECTRÓNICO CON 4 SISTEMAS DE PRESIÓN Y CON PRENSA



### EDÓMETRO

- ADQUISICIÓN DE DATOS



### CORTE DIRECTO

- ADQUISICIÓN DE DATOS



### ANALIZADOR

- ANALIZADOR ASFÁLTICO INFRATEST EN 26971-1



### COMPACTADORAS

- COMPACTADOR SUELOS PN - PM .CBR EN 103500 EN 103501 EN 103502

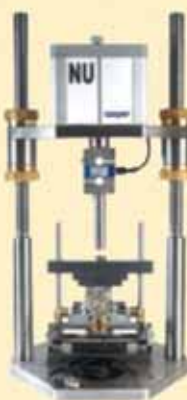


- COMPACTADORA MARSHALL EN 12697-30 EN 12697-10



### PRENSAS

- PRENSA DINÁMICA COOPER EN 12697-24 EN 12697-25



### PRENSA

- PRENSA AUTOMÁTICA MULTIENSAYO C.B.R. / MARSHALL / DURIEZ / ETC.



Mecánica Científica S.A. Fabricante de equipos para ensayos de:

- ARIDOS • SUELOS • CEMENTOS • AUSCULTACION DE FIRMES / VIAS • ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
- ROCAS • HORMIGONES • LIGANTES • MEZCLAS BITUMINOSAS

**¡LIDER EN CALIDAD!**

# Mezclas bituminosas recicladas semicalientes con espuma de betún

José Ramón López Marco, jrlopez@pavasal.com

Jesús Felipe Sanjuán, jfelipo@pavasal.com

José Berbis Latorre, jberbis@pavasal.com

Pavasal

José Ramón Albert García, jralbert@pavasal.com

Alberto Moral Quiza, albmor@cartif.es  
Cartif

Pavasal

Desde hace varios años en nuestro país las Mezclas Semicalientes han formado parte de una multitud de publicaciones técnicas en el marco de las mezclas bituminosas. Pero desafortunadamente, pese a los beneficios ambientales que pueden producir, no ha sido posible su introducción de una forma mayoritaria en el mercado y las experiencias reales realizadas en obra se encuentran generalmente bajo los paraguas de los proyectos de investigación que las han estado estudiando.

La presente comunicación fija el punto de atención sobre la técnica de Mezclas Semicalientes basadas en la espuma de betún, exponiendo los resultados obtenidos en las experiencias realizadas hasta el momento, en las cuales se ha combinado el espumado de betún con las técnicas de reciclado de fresado obteniendo "Mezclas Recicladas Semicalientes". Al mismo tiempo se realiza el análisis medioambiental utilizando la herramienta del ACV (Análisis del Ciclo de Vida).

**Palabras clave:** mezcla bituminosa, mezcla bituminosa semicaliente, mezcla betún espumado, mezcla betún espumado reciclada, rampa de espumación, ACV

Warm Mixes (WMA) have formed a part of a multitude of technical publications in the bituminous mixes framework for several years in Spain. Unfortunately, despite the environmental benefits that they to produce, their inclusion has not been normally possible in civil works and tests carried out were under the umbrella of the research projects.

The paper points out one technology of WMA, based on the production of bitumen foam. The results obtained, combining foam bitumen technology with reclaimed asphalt, "Reclaimed Warm Mixes ", will be shown.

In the end, the results of the environmental analysis of the mix of both technologies using the LCA technique (Life Cycle Assesment) will be shown.

**Keywords:** hot mix asphalt (HMA), warm mix asphalt (WMA), foam mix asphalt, foaming ramp, LCA

## 1. Introducción

En los últimos años se han producido gran cantidad de publicaciones y jornadas técnicas que se han dedicado a exponer los resultados y bondades de las mezclas fabricadas a baja temperatura con lo que parece que queda poco por añadir sobre este

tema. Pero pese a que disponemos de toda esta información, el porcentaje de utilización real de estas técnicas es muy bajo y no acaba de salir del círculo experimental que lo ha iniciado. El extendido de este tipo de mezclas se encuentra casi siempre supeeditado a las experiencias en obra realizadas por los diferentes grupos de investigación que las han desarrollado.



## Mezclas bituminosas recicladas semicalientes con espuma de betún

Con la publicación del nuevo PG-3 se abre de forma explícita la puerta a la utilización de mezclas semicalientes. Son ahora los fabricantes los que deben adaptar sus procesos productivos para conseguir hacer realidad la incorporación de esta técnica.

Así, existe un gran abanico de posibilidades técnicas desarrolladas para obtener una reducción de la temperatura en las mezclas bituminosas, multitud de opciones semicalientes para elegir que generalmente se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Las mezclas semicalientes sin agua, que se basan en la incorporación de aditivos, ya sea químicos o ceras. Los primeros actúan sobre las características reológicas en la interfase betún-árido y las segundas modifican la viscosidad del betún a diferentes rangos de temperatura.
- Las mezclas semicalientes con la adición de pequeñas cantidades de agua, que producen la espumación del betún. Entre ellas destacan la adición al mezclador de filler hidrofílico como las zeolitas, áridos parcialmente húmedos o la generación de espuma de betún por la incorporación directa de agua.

Muchas de estas técnicas (sobre todo las que implican aditivos) han sido probadas con éxito en nuestro país con la excepción de las técnicas de espumado directo del betún que pese a ser una técnica antigua (años 50), sin embargo, no ha tenido gran repercusión en Europa (se han realizado algunas obras con reciclado en Noruega, Gran Bretaña y Países Bajos), aunque han sido bastante utilizadas en países como Sudáfrica, USA o Canadá.

### 2. Mezclas Semicalientes espumadas

El proceso de espumado de betún es una técnica muy utilizada en USA generalmente asociada al reciclado in situ. Es en este país donde se han realizado los mayores estudios técnicos tratando de esclarecer los mecanismos de funcionamiento, aplicabilidad y en general las bondades de estas técnicas. Existen varias publicaciones realizadas por la NCHRP, National Cooperative Highway Research Program, (West, R et al. 2014), (Bonaquist, R. et al. 2011), donde se someten a estudio cuestiones como: la influencia del recalentamiento de

estas mezclas, el menor envejecimiento del betún en el proceso de fabricación o estudios para establecer en qué grado se mezclan el betún virgen y el del RAP en mezclas recicladas a menor temperatura.

En España estas mezclas hasta ahora han tenido poca relevancia debido principalmente a que este tipo de técnicas requieren de una inversión previa en equipamiento que sumada a la incertidumbre existente con las técnicas semicalientes ha retrasado su introducción.

#### 2.1 Proceso de espumación

La espuma de betún puede producirse en una central de fabricación en caliente y se genera al agregar una pequeña cantidad de agua (1 % a 2.5 % s/b) al betún caliente (180°C); este contacto provoca un intercambio energético rápido en el cual el agua alcanza los 100°C generándose vapor, que por efecto de la presión mantenida acaba ocluido en el betún y al disminuirse la presión produce la expansión del vapor formando burbujas dentro del betún hasta alcanzar un equilibrio entre la presión y la tensión superficial del mismo. Como resultado se produce un aumento de la superficie de contacto que reduce su viscosidad formándose una espuma que inyectada en el mezclador envuelve fácilmente a los áridos permitiendo rebajar la temperatura de las mezclas en caliente.

El sistema utilizado para las experiencias descritas en este documento es el BITFOAM, sistema especialmente diseñado para plantas discontinuas. En la Figura 1 se muestra un esquema de este sistema.

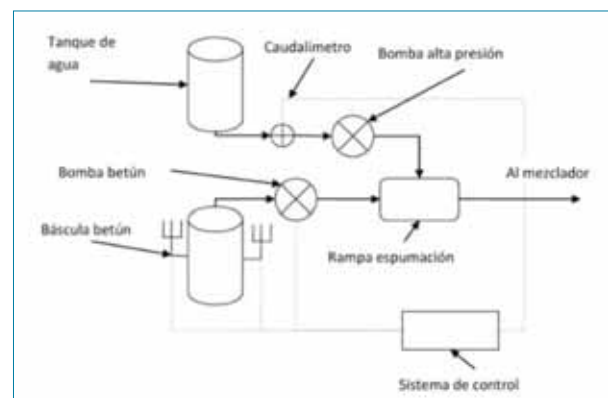


Figura 1: Esquema de funcionamiento del sistema de espumado BITFOAM.



Figura 2: Esquema de la rampa de respumación y fotografías del sistema de espumado BITFOAM en planta.

El BITFOAM está compuesto por la lanza de espumación, bomba de alta presión con variación electrónica de velocidad mediante un variador de frecuencia, un caudalímetro para el agua de espumación, el tanque de agua, y el sistema de control. También utiliza señales procedentes tanto de la bomba de inyección de betún como de la báscula de betún para ajustar, sincronizar y controlar el proceso de espumación.

El núcleo del sistema es la rampa de espumación, figura 2, en la cual se realiza la inyección de agua a través de una contracción del flujo de betún. En esta tobera se produce la violenta expansión como resultado de la evaporación del agua. El flujo bifásico resultante es conducido aguas abajo a un mezclador estático donde es homogeneizado. Esta disposición permite también introducir un aditivo líquido al betún. El sistema de control mide cómo la báscula de betún es vaciada, de forma que se asegura una coincidencia perfecta entre las inyecciones de agua y betún, siendo capaz de dosificar hasta el 4% de agua en base betún, aunque el rango normal de trabajo es de 1 al 2.5%.



Figura 3: Obras en Benimamet ejecutadas con mezclas fabricadas con betunes espumados.

## 2.2 Experiencias en obra y características mecánicas de las mezclas semicalientes con espuma de betún

Con el sistema mencionado se han ejecutado varias obras de mezclas semicalientes espumadas. En la figura 3 se muestran algunas fotografías; las mezclas han sido fabricadas a la temperatura de 130°C y compactadas entre 120 y 110°C en obra. Los resultados hasta el momento son satisfactorios y las mezclas extendidas se encuentran en perfectas condiciones tras más de un año de su puesta en servicio.

### Características mecánicas de las mezclas semicalientes con espuma de betún

Una de las principales cuestiones que se presentan en las mezclas semicalientes espumadas, es la metodología a seguir en el control de calidad. Para su realización es necesario tener en cuenta factores que afectan a los resultados finales obtenidos. En primer lugar, estas mezclas presentan un comportamiento reológico diferente que depende bastante del método utilizado para su compactación en laboratorio y en segundo lugar surge la dificultad de mantener la temperatura de la muestra (recipiente isoterma) tomada en el extendido hasta su compactación en el laboratorio ya que recalentamientos posteriores pueden desvirtuar su correlación real con la obra. En los estudios comentados anteriormente (Bonaquist, R. et al. 2011), se establece que el recalentamiento de la mezcla no afecta significativamente a las propiedades mecánicas de las mezclas, ni tampoco afecta más de lo que lo hace en las mezclas convencionales (según sus métodos de ensayo), pero sí que influye a la hora de determinar las propiedades volumétricas.

## Mezclas bituminosas recicladas semicalientes con espuma de betún

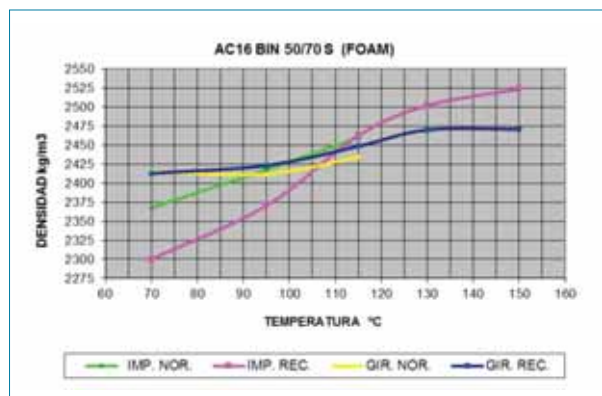


Figura 4: Representación gráfica de la evolución de las densidades de la mezcla AC16 BIN 50/70 semicaliente espumada en función de la temperatura de compactación.

En la figura 4 se muestra la evolución de los valores obtenidos para la densidad aparente según la norma UNE-EN 12697-6, en función de la temperatura para una mezcla bituminosa del tipo AC16 BIN 50/70 S Semicaliente con espuma de betún. Las series se corresponden con dos tipos de compactación diferente. La denominación "REC" delante de la temperatura, corresponde a muestras que se han tenido que recalentar en la estufa del laboratorio, desde la temperatura ambiente hasta la temperatura especificada de compactación.

Como puede apreciarse en la gráfica de la figura 4, las mezclas compactadas con giratoria presentan una evolución más tendida, presentando una densidad superior a la compactación por impacto a temperaturas más bajas. Sin embargo, alrededor de los 110°C tienden a igualarse siendo superior

la compactación por impacto a temperaturas más altas cercanas a las MBC convencionales.

La temperatura de compactación de 130 °C es la que se ha elegido en este estudio para llevar a cabo la mayoría de los trabajos y obras ejecutadas, fijando la temperatura de fabricación alrededor de los 135°C a la salida del mezclador. La selección de la temperatura ha estado basada en criterios de prudencia, siendo posible reducir la temperatura de forma más importante.

Algunas de las características mecánicas de las mezclas se muestran a continuación en las tablas 1 y 2 para una compactación por impacto y giratoria respectivamente.

En la compactación por impacto las probetas recalentadas presentan menor densidad, pero mayor estabilidad Marshall, mientras que en el caso de la compactación por giratoria las mezclas recalentadas son iguales o superiores en ambos parámetros. Atendiendo únicamente a estos ensayos mecánicos básicos, a la temperatura de 130°C, las características de las mezclas obtenidas son bastante semejantes a las correspondientes a una MBC.

Por lo general los huecos de las probetas a mayor temperatura tienden a ser bastante menores probablemente debido a la penetración del betún utilizado. Lo mismo ocurre con los resultados de los ensayos en pista que presentan una deformación bastante superior a la especificación actual para MBC; este hecho es bastante común en las mezclas semicalientes y también ha sido expuesto varias veces en la bibliografía, el cual podría estar relacionado con la menor oxidación del ligante en el proceso de fabricación.

Tabla 1: Resultados obtenidos con mezclas AC16 BIN 50/70 S semicaliente espumada compactados mediante impacto (75 golpes).

| Parámetro:        | Norma           | Temp (°C)             | 70    | REC70 | 95    | REC95 | 115   | REC115 | REC130 | REC150 | Unid. |
|-------------------|-----------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
| % de ligante      | UNE-EN 12697-1  | S/m                   | 4,47  | 4,47  | 4,47  | 4,47  | 4,47  | 4,47   | 4,47   | 4,47   | %     |
| % de ligante      | UNE-EN 12697-1  | S/a                   | 4,68  | 4,68  | 4,68  | 4,68  | 4,68  | 4,68   | 4,68   | 4,68   | %     |
| Densidad máxima   | UNE-EN 12697-5  | D <sub>máx</sub>      | 2.585 | 2.585 | 2.585 | 2.585 | 2.585 | 2.585  | 2.585  | 2.585  | kg/m³ |
| Densidad aparente | UNE-EN 12697-6  | D <sub>aparente</sub> | 2.368 | 2.300 | 2.418 | 2.370 | 2.460 | 2.463  | 2.502  | 2.524  | kg/m³ |
| Huecos mezcla     | UNE-EN 12697-8  | H <sub>mezcla</sub>   | 8,4   | 11    | 6,5   | 8,3   | 4,8   | 4,7    | 3,2    | 2,4    | %     |
| Huecos árido      | UNE-EN 12697-8  | H <sub>árido</sub>    | 18,7  | 21    | 17    | 18,6  | 15,5  | 15,4   | 14,1   | 13,3   | %     |
| Huecos rellenos   | UNE-EN 12697-8  | H <sub>rellenos</sub> | 55    | 47,5  | 61,8  | 55,3  | 68,8  | 69,3   | 77,2   | 82,2   | %     |
| Estabilidad       | UNE-EN 12697:34 | Est.                  | 5,3   | 4,9   | 8,6   | 7,6   | 10,9  | 14,2   | 15,6   | 17,6   | kN    |
| Deformación       | UNE-EN 12697:34 | Def.                  | 2,6   | 4,2   | 2,6   | 3,6   | 2,7   | 2,9    | 2,8    | 2,6    | mm    |



Tabla 2: Resultados obtenidos con mezclas AC16 BIN 50/70 S Foam compactados mediante gitaroria.

| Parámetro:           | Norma           | Temp (°C)             | 70     | REC70 | 95    | REC95 | 115   | REC115 | REC130 | REC150 | Unid. |
|----------------------|-----------------|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
| % de ligante         | UNE-EN 12697-1  | S/m                   | 4,47   | 4,47  | 4,47  | 4,47  | 4,47  | 4,47   | 4,47   | 4,47   | %     |
| % de ligante         | UNE-EN 12697-1  | S/a                   | 4,68   | 4,68  | 4,68  | 4,68  | 4,68  | 4,68   | 4,68   | 4,68   | %     |
| Densidad máxima      | UNE-EN 12697-5  | D <sub>máx</sub>      | 2.585  | 2.585 | 2.585 | 2.585 | 2.585 | 2.585  | 2.585  | 2.585  | kg/m³ |
| Densidad aparente    | UNE-EN 12697-6  | D <sub>aparente</sub> | 2.415  | 2.413 | 2.412 | 2.423 | 2.434 | 2.448  | 2.470  | 2.471  | kg/m³ |
| Huecos mezcla        | UNE-EN 12697-8  | H <sub>mezcla</sub>   | 6,6    | 6,7   | 6,7   | 6,3   | 5,8   | 5,3    | 4,4    | 4,4    | %     |
| Huecos árido         | UNE-EN 12697-8  | H <sub>árido</sub>    | 17,1   | 17,1  | 17,2  | 16,8  | 16,4  | 15,9   | 15,2   | 15,2   | %     |
| Huecos rellenos      | UNE-EN 12697-8  | H <sub>rellenos</sub> | 61,5   | 61,1  | 61    | 62,7  | 64,4  | 66,8   | 71,3   | 69,5   | %     |
| Estabilidad*         | UNE-EN 12697:34 | Est.                  | 6,7    | 8,2   | 7,6   | 10,9  | 8,9   | 12,4   | 12,7   | 13,7   | kN    |
| Deformación*         | UNE-EN 12697:34 | Def.                  | 3,5    | 4,4   | 3,6   | 4,8   | 3,7   | 4,5    | 5,0    | 3,9    | mm    |
| Itrs. en húmedo      | UNE-EN 12697-23 | ITS <sub>seco</sub>   | 0,98   | 1,27  | -     | -     | 1,49  | 1,68   | 1,79   | -      | kPa   |
| Itrs. en seco        | UNE-EN 12697-23 | ITS <sub>húmedo</sub> | 0,98   | 1,02  | -     | -     | 1,34  | 1,68   | 1,76   | -      | kPa   |
| Sensibilidad al agua | UNE-EN 12697-12 | ITRS                  | 100,00 | 80,31 | -     | -     | 89,93 | 100,00 | 98,32  | -      | %     |

\*Nota: estos valores deben ser considerados a nivel comparativo, no de forma absoluta, debido a que las probetas fabricadas con giratoria difieren en el radio de curvatura de las mordazas Marshall.

Las probetas en general presentan una buena sensibilidad al agua sin necesidad de incorporación de activantes de adhesividad, aunque los datos obtenidos para la ITRS son algo inferiores a los acostumbrados para las mezclas convencionales.

### 2.3 Análisis medioambiental de las mezclas semicalientes con espuma de betún

El ACV (Análisis del Ciclo de vida) es una herramienta muy potente para establecer de manera sencilla comparaciones entre productos sobre aspectos ambientales y sus impactos asociados, basándose en una metodología especificada en la norma ISO 14040 y cumpliendo una serie de etapas previas. No es objeto de esta publicación relatar todas las fases implícitas en este proceso, pero sí mostrar los resultados obtenidos para varios escenarios comparativos de las mezclas que nos ocupan.

Los resultados obtenidos se pueden apreciar en la figura 5, donde se realiza la comparativa entre una mezcla convencional tipo AC16 BIN 50/70 S fabricada a las temperaturas convencionales de las MBC (155-165°C) y su homóloga fabricada con espuma de betún a más baja temperatura (130-135°C). Por sencillez se van a mostrar únicamente las etapas

del proceso que presentan mayor incidencia comparativa: extracción de materias primas, transporte de materias primas y fabricación en planta, tomando como unidad funcional "la tonelada de mezcla bituminosa fabricada".

Para realizar el análisis existen un gran abanico de indicadores entre los que se han seleccionado principalmente dos: "Emisiones de CO<sub>2</sub>e" y "CED (Cumulative Energy Demand)". En algunas ocasiones resulta útil recurrir también a indicadores de conjunto como "RECIPE" que establecen de manera subjetiva una prioridad ponderada sobre un mayor espectro de indicadores reales.

En las gráficas de la figura 5 se puede apreciar que las mezclas espumadas presentan un menor impacto debido a

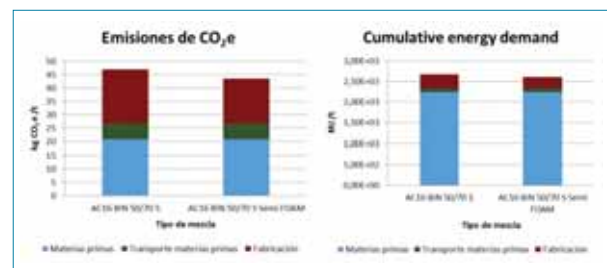


Figura 5: Comparativa mediante el indicadores CO<sub>2</sub>e y CED de una mezcla AC16 Bin 50/70 S de fabricación estándar (160°C) y su homóloga fabricada con espuma de betún a 130°C.

## Mezclas bituminosas recicladas semicalientes con espuma de betún

la reducción de la temperatura. Este hecho es más destacable en el indicador de emisiones de CO<sub>2</sub> e ya que en este indicador tiene mucha incidencia la fabricación, proceso donde se establece la diferencia entre ambas. En ambos indicadores la etapa de obtención de materias primas sigue siendo la más impactante. Esto se aprecia mucho más en el indicador CED, ya que en él se contabiliza toda la energía acumulada en el proceso, incluso la energía interna remanente en los materiales, haciendo que el efecto de descenso energético en la fabricación quede más diluido.

### 3. Mezclas Bituminosas Recicladas

La utilización de las mezclas bituminosas recicladas ha tenido un fuerte crecimiento en los últimos años en nuestro país, existiendo numerosas plantas capaces de incorporar RAP a las mezclas generalmente en baja tasa (entre 10% al 30%) aunque se han ejecutado ya bastantes obras donde se han incorporado porcentajes superiores al 50%.

En general el sistema empleado es aquel en el que se calientan los áridos vírgenes a una temperatura superior a la ordinaria dosificando posteriormente el RAP frío en el porcentaje deseado directamente al mezclador. Es en este punto donde el árido de mayor temperatura trasfiere su energía al fresado y tras la pertinente homogenización se obtiene un producto final a una temperatura de trabajo normal para la mezcla de 150 a 165°C.

Este sistema tiene sus limitaciones en el porcentaje máximo de RAP incorporado ya que las temperaturas de calentamiento de los áridos vírgenes necesarias para conseguir una mezcla

final reciclada, por ejemplo, al 30%, son muy elevadas (para obtener una temperatura de mezcla de entre 150 a 165°C es necesario calentar los áridos a temperaturas superiores a 235°C).

Desde un punto de vista energético, el incremento de porcentaje de RAP en la mezcla final hace que los consumos energéticos se incrementen rápidamente rompiendo la linealidad esperada y las pérdidas energéticas derivadas de un mayor gradiente térmico son muy superiores a las de una fabricación convencional.

### 3.1 Análisis ambiental de las mezclas recicladas

Hasta este punto del documento solo se ha hecho referencia a factores energéticos; obviamente a medida que aumentamos el porcentaje de reciclado, intervienen muchos más factores que hacen que ambientalmente la opción con mayor contenido de reciclado resulte más sostenible.

Si se realiza el ACV del sistema hasta la etapa de fabricación obtenemos los resultados representados en la figura 6 (comparados con el indicador de CO<sub>2</sub> e y el de conjunto RECIPE), donde se puede apreciar que a mayor cantidad de reciclado obtenemos un menor impacto ambiental, por lo que resultaría interesante aumentar el porcentaje de reciclado para obtener más ventajas ambientales.

### 4. Mezclas Recicladas Semicalientes con espuma de betún

Como se puede deducir del análisis anterior, es posible que para evitar en parte los inconvenientes generados por los incrementos en el consumo de energía en las mezclas recicla-

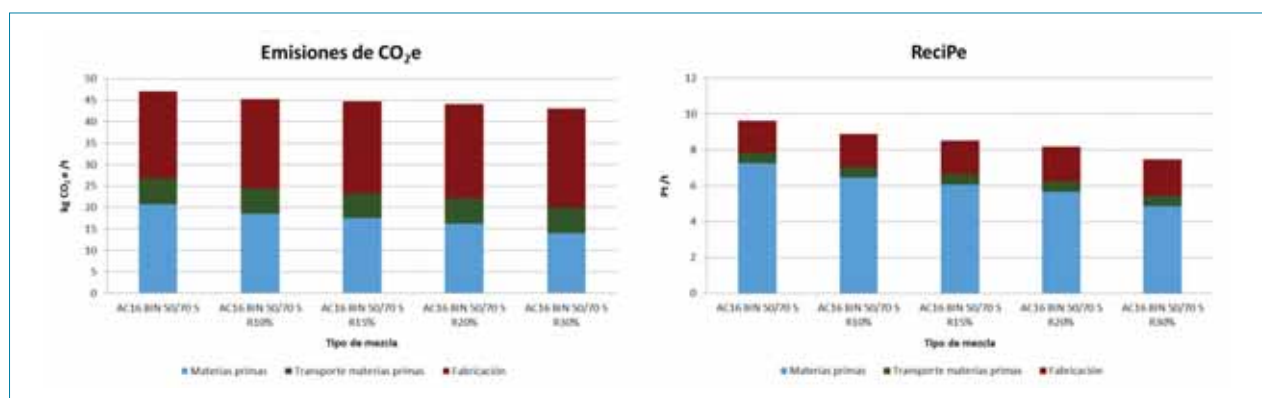


Figura 6: Análisis de ACV representado con el indicador CO<sub>2</sub> e y el de conjunto RECIPE (unidad funcional :Tonelada Fabricada), para distintos porcentajes de RAP en la mezcla.



Figura 7: Imágenes de obra en Pedralba ejecutadas con mezclas recicladas semicalientes con espuma de betún.

das sea interesante combinar las técnicas de reciclado con el espumado de betún.

#### 4.1 Experiencias en obra y características mecánicas de las mezclas recicladas semicalientes con espuma de betún

Utilizando esta técnica combinada de reciclado y semicaliente se han realizado, durante el año 2015 numerosas obras, de mezcla reciclada semicaliente con espuma de betún, con diferentes contenidos de RAP, generalmente entre el 10% y el 20%, extendidas a una temperatura comprendida entre los 125 a 135 °C, figura 7.

Para continuar con el mismo estudio comparativo, se muestran los resultados mecánicos correspondientes a las mezclas del tipo AC16 BIN 50/70 S fabricadas con espuma de betún al R15 % y R20%, tabla 4.

En este estudio se han obteniendo parámetros como la rigidez, el ensayo de rodadura y la resistencia a la fatiga. Los valores de los módulos de rigidez son superiores a los obtenidos en una mezcla convencional, lo que era de prever, debido a la incorporación de un ligante envejecido procedente del RAP, combinándose con valores de resistencia a fatiga adecuados.

Por ejemplo, para el caso de la R15% el valor de  $\epsilon_6$  a 30 Hz es de 144  $\mu\text{m}/\text{m}$  que resulta similar e incluso superior al obtenido para una mezcla estándar fabricada con betún 35/50.

La naturaleza del RAP y lo envejecido que se encuentre su betún, empiezan a tener importancia en este tipo de parámetros cuando se aumenta el contenido de fresado, sobre todo si alguna parte de este RAP procede del fresado de mezclas modificadas.

En el caso descrito, el RAP utilizado procede de un acopio unificado y homogenizado previamente con valores de penetración cercanos a  $\text{PEN} = 10$  (0.1 mm). A pesar de la baja penetración del betún oxidado y el porcentaje empleado, los resultados sobre el ligante recuperado de la mezcla se aproximan a un betún 35/50. Esto puede ser debido al hecho de que la menor temperatura alcanzada reduce la oxidación del betún durante el proceso de mezclado si lo comparamos con las mezclas recicladas sin espumar. De hecho, la penetración y anillo & bola del betún resultante extraído de una mezcla R20% semicaliente con espuma de betún fabricada en planta, presenta los resultados que se adjuntan, que como ya se ha dicho anteriormente, están comprendidos en las especificaciones para un betún 35/50, tabla 3.

Una de las dudas que aparecen cuando se plantea la combinación de las dos técnicas, reciclado y mezclas semicalientes, es saber si a esta temperatura es posible conseguir que ambos betunes, el virgen y el RAP consigan mezclarse perfectamente. Esto ha sido comprobado en los estudios realizados por la NCHRP (Bonaquist, R. et al. 2011), donde concluyen que esta temperatura es suficiente para producirse la mezcla de ambos betunes.

#### 4.2 Análisis ambiental de las mezclas semicalientes recicladas con espuma de betún

Siguiendo la misma metodología expuesta anteriormente, en la figura 8 se muestran los resultados comparativos correspondientes al ACV realizado a este tipo de mezclas semicalientes recicladas; las mezclas que se han comparado son:

Tabla 3. Resultados del betún extraído de una muestra AC16 BIN 50/70 S R20% semicaliente espumada.

| Característica            | UNE-EN | Unidad | 35/50 | AC16 BIN 50/70 R20% FOAM |
|---------------------------|--------|--------|-------|--------------------------|
| Penetración a 25 °C       | 1.426  | 0,1 mm | 35-50 | 43                       |
| Punto de reblandecimiento | 1.427  | °C     | 50-58 | 55                       |



## Mezclas bituminosas recicladas semicalientes con espuma de betún

Tabla 4: Resultados mecánicos comparativos de las mezclas tipo AC16 BIN 50/70 fabricadas a varios % RAP y con betún espumado.

| Parámetro                   | Norma                    |                        | AC16 BIN 35/50 S | AC16 BIN 50/70 S R15% | AC16 BIN 50/70 S R20% | Ud                |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Tipo de mezcla              | Compactación por impacto |                        |                  |                       |                       |                   |
| Temperatura de compactación |                          |                        | 150° C           | 130° C                | 130° C                |                   |
| Contenido de ligante        | UNE-EN 12697:1           | S/m                    | 4,3              | 4,14                  | 4,37                  | %                 |
| Contenido de ligante        | UNE-EN 12697:1           | S/a                    | 4,51             | 4,32                  | 4,57                  | %                 |
| Densidad máxima             | UNE-EN 12697:5           | D <sub>máx</sub>       | 2.549            | 2.408                 | 2.561                 | Kg/m <sup>3</sup> |
| Densidad aparente           | UNE-EN 12697:6           | D <sub>aparente</sub>  | 2.430            | 2.529                 | 2.417                 | Kg/m <sup>3</sup> |
| Huecos mezcla               | UNE-EN 12697:8           | H <sub>mezcla</sub>    | 4,7              | 4,8                   | 5,7                   | %                 |
| Huecos árido                | UNE-EN 12697:8           | H <sub>árido</sub>     | 15,2             | 14,5                  | 15,9                  | %                 |
| Huecos rellenos             | UNE-EN 12697:8           | H <sub>rellenos</sub>  | 69,4             | 66,9                  | 64,5                  | %                 |
| Estabilidad                 | UNE-EN 12697:34          | Est                    | 14,5             | 14,7                  | 13,3                  | kN                |
| Deformación                 | UNE-EN 12697:34          | Def                    | 2,5              | 3,0                   | 3,5                   | mm                |
| Tracción P. en seco         | UNE-EN 12697:23          | ITS <sub>seco</sub>    | 2,41             | 2,3                   | 1,88                  | kPa               |
| Tracción P. en húmedo       | UNE-EN 12697:23          | ITS <sub>húmedo</sub>  | 2,34             | 2,11                  | 1,75                  | kPa               |
| Sensibilidad al agua        | UNE-EN 12697:23          | ITRS                   | 97,30            | 91,80                 | 93                    | %                 |
| Ensayo de rigidez           | UNE-EN 12697:26          | Módulo                 | 6.800            | 7.853                 | 7.809                 | Mpa               |
| Ensayo en pista             | UNE-EN 12697:22          | WTS                    | 0,07             | 0,09                  | 0,06                  | mm                |
| Ensayo fatiga 4 pto 30 Hz   | UNE-EN 12697:24          | 10 <sup>6</sup> ciclos | 136              | 144                   | 132                   | μm/m              |

- AC 16 BIN 50/70 S estándar (Temperatura de fabricación 155-160°C)
- AC 16 BIN 50/70 S semicaliente espumada (FOAM) (Temperatura de fabricación 130-135°C)
- AC 16 BIN 50/70 S R10% semicaliente espumada (FO-AM) (T<sup>a</sup> fabricación 130-135°C)

- AC 16 BIN 50/70 S R20% Semicaliente espumada (FO-AM) (T<sup>a</sup> fabricación 130-135°C)

Los resultados se muestran según los tres indicadores comentados anteriormente y en ellos se puede apreciar que existe un descenso del impacto con la utilización de mayores

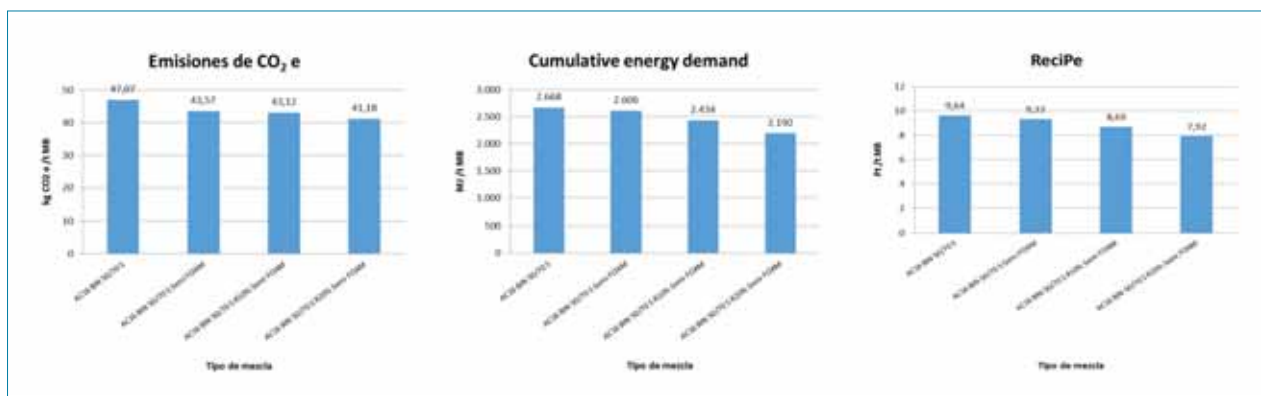


Figura 8: Análisis de ACV representado con el indicador CO<sub>2</sub> e, CED y el de conjunto RecIPE (unidad funcional :Tonelada Fabricada), para distintos porcentajes de RAP con espuma de betún en una mezcla del tipo AC16 BIN 50/70 S.

contenidos de RAP. Si hacemos una comparativa entre la mezcla estándar y la R20% semicaliente espumada, vemos que la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> es de un 12%; si se considera el RECIPE el diferencial agrupado es de 18%.

Igualmente si comparamos los valores de la figura 8 con los mostrados en la figura 6 entre las dos mezclas R20%, existe una reducción de un 7%, cantidad que parece mucho menor de la esperada, pero hay que tener en cuenta que en este caso se están contabilizando todos los impactos provocados en la etapas anteriores: materias primas y transporte, hecho que diluye el efecto atribuible al menor consumo energético existente en la etapa de fabricación. Si solo considerásemos la etapa de fabricación este diferencial subiría hasta el 13%.

## 5. Conclusiones

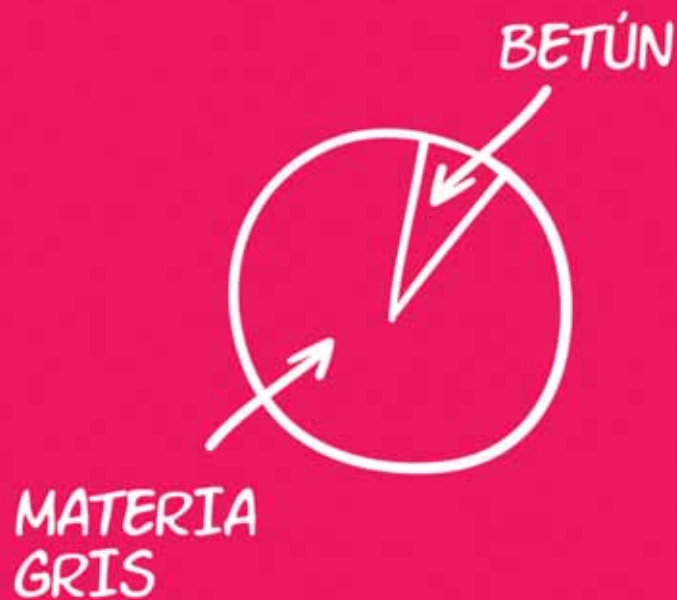
Después de lo expuesto se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Las mezclas semicalientes y semicalientes recicladas con espuma de betún son una alternativa viable, habiéndose superado en estos momentos la barrera experimental para convertirse en una realidad creciente.
- La combinación de las mezclas semicalientes con espuma de betún con la técnica de reciclado presenta características semejantes a las mezclas convencionales.
- Este tipo de mezclas reduce los impactos ambientales asociados al proceso, consiguiendo ahorros energéticos, reduciendo las emisiones CO<sub>2</sub> e y preservando los recursos.
- La utilización de mezclas recicladas semicalientes espumadas permite la utilización de mayores porcentajes de RAP, debido a que la temperatura de calentamiento de los áridos vírgenes puede ser inferior.
- Los sistemas de espumado y su combinación con RAP presentan una alta versatilidad, por lo que su introducción no interfiere los procesos de producción estándar.
- Todavía quedan trabajos pendientes para poder estandarizar el uso de este tipo de mezclas. Aunque existan nu-

merosas investigaciones realizadas en Estados Unidos, que sin duda deben ser tomadas en consideración, sin embargo, hay que tener en cuenta que los métodos y protocolos de ensayo no son los mismos, por lo que existe la urgente necesidad de realizar estudios que fijen definitivamente nuevos protocolos o procedimientos de ensayo y sus especificaciones técnicas asociadas, para realizar el control de calidad adecuado, correlacionado con los buenos resultados demostrados por este tipo de mezclas en la obra.

## 6. Referencias

- Bardesi, A., Soto, J.A. 2010. Mezclas bituminosas a baja temperatura: mezclas en frío, templadas y semicaliente. Madrid. Ingeopres nº 191. 16- 21 pág.
- Bonaquist R. 2011. Mix Design Practices for Warm Mix Asphalt, Washinton, D.C. NCHRP REPORT 691, Transportation Research Board. 32- 64 pág.
- García, L. 2014 Prestaciones y comportamiento en servicio de mezclas bituminosas semicalientes. Madrid. Asociación Técnica de la Carretera. RUTAS Nº 161 octubre –diciembre, 39-44 pág.
- Orozco, R., Pradas J.L. 2014. Mezclas recicladas semicalientes de tasa media, Madrid, Editorial Prensa Técnica, S.L. Asfalto y Pavimentación Nº 15 cuarto trimestre, pág 29-39.
- Peinado, D. 2011 BITFOAM: sistema de espumación de Betún", manual descriptivo de INTRAME. No publicado, 4 pág.
- PG3. BOE, sábado 3 de enero 2015, Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales. apartado 542, 881 pág.
- UNE-EN ISO 14040: 2006. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Madrid. AENOR, 30 pág.
- UNE-EN-ISO 14044: 2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. Madrid. AENOR, 56 pág.
- West, R., Rodezno, C., Grant J., Prowell, B., Frank B, Osborn, L., Kriech, T. 2014. Field Performance of Warm Mix Asphalt Technologies, Washinton, D.C. NCHRP REPORT 779, Transportation Research Board 2014. 101 pág.



## 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



# Estudio del uso de ligantes modificados en mezclas antifisuras

Ignacio Pérez, ignacio.perez@cepsa.com  
Vicente Pérez, vicente.perez@cepsa.com  
Antonio García, antonio.garcia@cepsa.com

CEPSA

Félix Pérez, edmund.perez@upc.edu  
Rodrigo Miró, r.miro@upc.edu  
Ramón Botella, ramon.botella@upc.edu

Universidad Politécnica de Cataluña

La fisuración es uno de los deterioros más habituales en firmes de hormigón o mezclas bituminosas muy envejecidas o con bases de ligantes hidráulicos. En los firmes flexibles la aparición de este tipo de deterioros viene asociada, normalmente, a la rotura por fatiga de alguna capa inferior del firme debido a las flexiones repetidas por el paso de vehículos pesados. Esta rotura se traduce en la aparición de grietas en las capas inferiores del firme que se transmiten a la superficie, cuarteándose y aumentando en abertura y extensión con el paso del tiempo. Una de las soluciones a este problema que más éxito han tenido en los últimos años y en la que CEPSA tiene una dilatada experiencia es la utilización de una capa de mezcla antifisuras con alto contenido de ligantes de altas prestaciones (con una alta modificación), lo que permite dar una solución eficaz en una capa de bajo espesor. En el presente artículo se exponen los resultados del estudio sobre comportamiento a fatiga realizado sobre distintos ligantes y en mezclas de este tipo analizando el comportamiento a fatiga de ligantes y mezclas mediante el ensayo EBADE, así como la resistencia a la fisuración de las mezclas con el ensayo Fénix. De los resultados obtenidos se concluye que la utilización de betunes de altas prestaciones con un alto contenido de polímero y una alta viscosidad se traduce en un mejor comportamiento de las mezclas antifisuras.

**Palabras clave:** fisuración, firmes de hormigón, mezclas bituminosas

Cracking is one of the most common damages found in concrete pavements, cement treated layers or very aged asphalt mixes. In flexible pavements, this damages normally appears associated to fatigue failure of lower layers, due to repetitive flexion under heavy traffic. This breakage ends up in cracking at lower layers that finally are transmitted to upper layers, extending and widening over the time. One of the successful solutions to this problem in the last years, is the application of one "anti-cracking" layer, using high performance polymer modified bitumen (PMB-AP), which allows effective solutions with low thickness layers. In this article, the results of a study on fatigue behavior done on different binders and mixtures of this type are discussed by analyzing the fatigue behavior of binders and mixtures by EBADE test and resistance to cracking of mixtures with FENIX test. From the results obtained it is concluded that the use of high performance bitumens with a high polymer content and high viscosity results in improved anti-cracking behavior of mixtures.

**Keywords:** cracking, concrete pavements, asphalt mixes

## 1. Introducción

La fisuración es uno de los deterioros más habituales en firmes de hormigón o mezclas bituminosas muy envejecidas o con bases de ligantes hidráulicos.

En los firmes flexibles la aparición de este tipo de deterioros viene asociada, normalmente, a la rotura por fatiga de al-

guna capa inferior del firme debido a las flexiones repetidas por el paso de vehículos pesados. Esta rotura se traduce en la aparición de grietas en las capas inferiores del firme que se transmiten a la superficie, cuarteándose y aumentando en abertura y extensión con el paso del tiempo.

En el caso de los firmes ejecutados con ligantes hidráulicos, ya sean rígidos o semirígidos, la aparición de este deterio-

ro se debe a la fisuración por retracción térmica, difícil de evitar, aunque suele controlarse mediante el uso de técnicas de prefisuración que permiten una aparición de fisuras más finas, rectilíneas y regularmente espaciadas, lo que las hace menos degradables.

La aparición de este tipo de deterioros suele dar lugar a una degradación de la capa de rodadura, debido al aumento de los esfuerzos que se van produciendo en los bordes de la grieta y que conducen a la consiguiente pérdida de seguridad y confort.

Con el tiempo, además se produce una pérdida de estanqueidad del firme, con la consiguiente entrada de agua que puede dar lugar a la degradación tanto de la capa de rodadura como de las capas inferiores disminuyendo la vida útil del firme.

El desarrollo de betunes modificados de altas prestaciones, con unas propiedades muy superiores a las de los betunes modificados habituales ha permitido el desarrollo de soluciones que presentan en una sola capa tanto la función antirreflexión de fisuras como la de rodadura.



Figura 1: Firme fisurado antes y después del tratamiento con betunes modificados de altas prestaciones.

Las primeras pruebas con este tipo de ligantes se realizaron en el año 2004 en la autopista A7 presentando en la actualidad un aspecto excelente. Se extendieron 6 cm de mezcla con un contenido de ligante del 6,2 % s/a y han presentado un excelente comportamiento hasta la fecha. Posteriormente se han venido realizando más obras reduciendo el espesor de la capa hasta los 5 cm sin notarse ninguna merma en el comportamiento de la mezcla (I.Pérez et al, 2009).

El uso de ligantes y soluciones de alto desempeño es una constante en autopistas concesionarias, conscientes claramente de la rentabilidad que implica invertir en durabilidad a largo plazo.

Por otro lado, la aplicación de los ensayos Fénix y EBADE permite, de una forma más sencilla que el ensayo de fatiga actual UNE12697-24, evaluar el comportamiento de diferentes mezclas en variables tan fundamentales para el desempeño del pavimento como la fatiga y la resistencia a la fisuración, pocas veces tenidas en cuenta en realidad en el diseño de mezclas asfálticas.

En el presente trabajo se exponen los resultados del estudio sobre comportamiento a fatiga realizado sobre distintos ligantes (un betún modificado con polímero de altas prestaciones, un BM3c y un betún caucho de alta viscosidad tipo BMAVC2) y en mezclas de este tipo analizando el comportamiento a fatiga de ligantes y mezclas mediante el ensayo EBADE, así como la resistencia a la fisuración de las mezclas con el ensayo Fénix.

### 2. Metodología de ensayo

Para analizar el comportamiento de los materiales analizados (betunes y mezclas) se emplearon tres tipos de ensayo: el ensayo EBADE (Ensayo de Barrido de Deformaciones) en sus dos modalidades adaptadas a betunes y mezclas y el ensayo Fénix en mezclas.

El EBADE es un ensayo uniaxial de tracción compresión en el cual se somete a la probeta a una amplitud de deformación que aumenta cada 5.000 ciclos. Por razones obvias los niveles de deformación aplicados a betunes y mezclas son diferentes. En betunes, durante los primeros 5.000 ciclos se aplica una amplitud de deformación de 760-10-6 mm/mm y cada 5.000 ciclos la deformación se incrementa en el mismo valor. La modalidad de ensayo en mezclas sigue el mismo procedimiento, pero en este caso la deformación inicial, y el

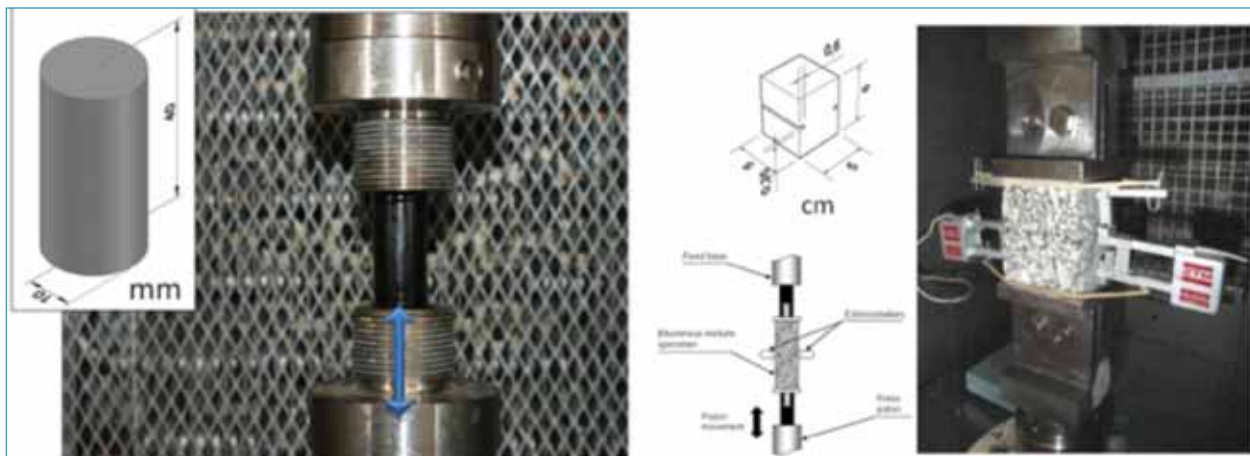


Figura 2: Montaje experimental del ensayo EBADE en betunes y mezclas (F. Pérez-Jiménez et al, 2011, R. Botella et al, 2012).

incremento de deformación cada 5.000 ciclos es de  $25 \cdot 10^{-6}$  mm/mm. Ambos se realizan a una frecuencia de 10 Hz.

Del ensayo se obtienen las curvas de evolución de la amplitud de tensión, el módulo complejo y la densidad de energía disipada (área del ciclo de histéresis que se forma en el plano tensión-deformación). A partir de estas curvas se obtiene el módulo complejo inicial, que indica la rigidez del material, y la deformación de fallo, que muestra que deformación puede alcanzar el material antes de fallar por completo. Este último parámetro proporciona una medida de la ductilidad. Estos dos aspectos de los materiales bituminosos tienen tendencias opuestas, cuando uno aumenta el otro disminuye, y en el diseño de estos materiales, los técnicos deben intentar maximizar ambos encontrando un equilibrio entre ellos. De esta forma, la representación del módulo inicial frente a la deformación de fallo proporciona una visión general del comportamiento del material.

El ensayo Fénix es un ensayo de fractura a tracción directa que proporciona una medida cuantitativa de la resistencia a fisuración de la mezcla bituminosa. Este ensayo proporciona varios parámetros:

- Índice de Rigidez a Tracción (IRT): Consiste en la pendiente de la primera mitad de la subida de la curva tensión-desplazamiento y proporciona una medida de la rigidez del material.
- Energía de Fractura (GF): Se trata del área bajo la curva tensión-desplazamiento y cuantifica la energía disipada en el proceso de rotura total del material.

- Índice de tenacidad (IT): Se calcula multiplicando el área bajo la curva tensión-desplazamiento a partir del pico de carga por la distancia en mm desde el pico hasta que la carga ha caído un 50% del máximo. Este parámetro proporciona una medida cuantitativa de la ductilidad del material.

De nuevo, como en el ensayo EBADE, la representación del IRT frente a la GF o la IT otorga una visión general de las características de la mezcla y puede servir para comparar comportamiento entre diferentes mezclas con diferentes propiedades.

### 3. Estudio de betunes

El estudio se realizó sobre tres betunes diferentes cuyas propiedades se recogen en la Tabla 1.

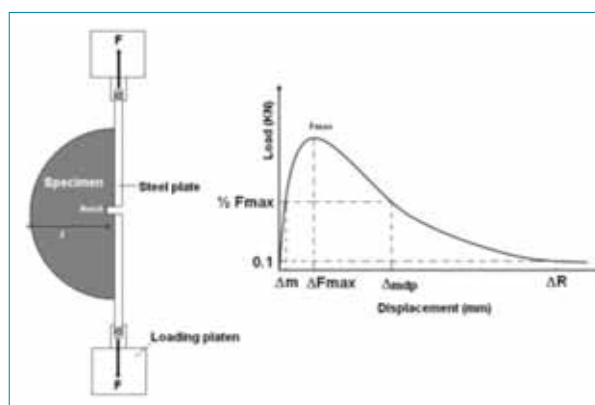


Figura 3: Esquema y ejemplo de curva resultado del ensayo Fénix (F. Pérez-Jimenez et al., 2010).



## Estudio del uso de ligantes modificados en mezclas antifisuras

Tabla 1. Propiedades de los betunes utilizados en el estudio.

| Característica                           | Unidad | BMP-AP | BM3c | BMAVC 2 |
|------------------------------------------|--------|--------|------|---------|
| Penetración (25 °C; 100 g; 5s ) UNE 1426 | 0,1 mm | 55     | 54   | 37      |
| Punto de reblandecimiento UNE 1427       | °C     | 85,2   | 67,2 | 76,9    |
| Recuperación elástica a 25 °C UNE 13398  | %      | 98     | 88   | 84      |

Tabla 2. Valores numéricos obtenidos en los ensayos EBADE en betunes.

| Ligante | Temperatura (°C) | Módulo inicial (MPa) | Deformación de fallo |
|---------|------------------|----------------------|----------------------|
| BMP-AP  | 10               | 67                   | 1.60E-02             |
|         | 3                | 108                  | 1.60E-02             |
|         | -5               | 258                  | 1.60E-02             |
| BM3c    | 10               | 92                   | 1.60E-02             |
|         | 3                | 177                  | 1.52E-02             |
|         | -5               | 361                  | 1.37E-02             |
| BMAVC 2 | 10               | 96                   | 1.60E-02             |
|         | 3                | 157                  | 1.60E-02             |
|         | -5               | 306                  | 1.60E-02             |

- Betún modificado con polímero de altas prestaciones (en adelante BMP-AP), PMB 45/80-75
- Betún modificado con polímero convencional, PMB 45/80-65 (BM3c)
- Betún caucho de alta viscosidad (BMAVC 2)

Sobre estos ligantes se realizaron ensayos EBADE (10 Hz y 10, 3 y -5°C) a razón de 3 probetas por ligante y temperatura de ensayo. Para las tres probetas ensayadas se obtienen tres tipos de curvas: la evolución de la amplitud de tensión, del módulo y de la densidad de energía disipada. De los resultados obtenidos para las tres probetas se obtiene la curva promedio que representa el comportamiento del ligante a la temperatura de ensayo dada.

A partir de estos resultados se obtienen dos parámetros que serán los más importantes a la hora de caracterizar el comportamiento a fatiga de los ligantes: el módulo inicial y la deformación de fallo.

El módulo inicial se determina como el promedio de los módulos calculados en cada ciclo del primer escalón de deformación. Mientras que la deformación de fallo se define como la amplitud de deformación a la cual experimenta un descenso súbito de esta variable.

Empleando este procedimiento se ha elaborado la Tabla 2. Dos de los ligantes, el BMP-AP y el BMAVC 2, presentaron ductilidades tan elevadas que fue imposible determinar su deformación de fallo en los ensayos EBADE, incluso a -5°C. Por lo tanto, los valores que se muestran en la Tabla 2 y la Figura 4 de la deformación de fallo son una cota inferior de su valor real.

Este tipo de gráficos permite comparar el comportamiento de varios ligantes a diferentes temperaturas teniendo en cuenta tanto su ductilidad como su rigidez.

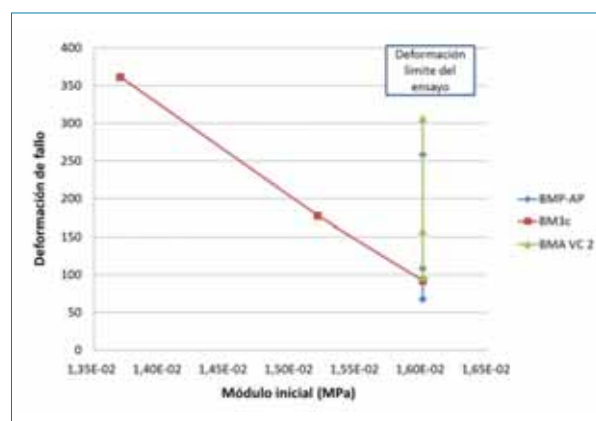


Figura 4: Deformación de fallo vs. Módulo inicial para los ligantes.

El ligante BM3c fue el único para el que se pudo apreciar un ligero descenso de la deformación de fallo con la temperatura. Este ligante fue el que experimentó una mayor rigidización, por ser el que más aumento de módulo presentó al bajar la temperatura de ensayo. Esto implica que, de los tres ligantes estudiados, el BM3c fue el más susceptible a la temperatura. Por contra, el BMP-AP fue el que presentó un menor módulo a las tres temperaturas lo que demuestra su mayor ductilidad y menor sensibilidad al descenso de la temperatura. A priori, esto indicaría que es el ligante más adecuado para minimizar y/o retardar la aparición de fisuras en la capa superior del firme, ya sea por retracción térmica como por reflexión de fisuras existentes en la capa inferior.

A continuación se muestran las curvas de estos ensayos a temperatura de 10°C y 10Hz.

#### 4. Estudio de mezclas

Una vez analizado el comportamiento a fatiga de los ligantes, se fabricaron mezclas con estos tres ligantes. Se estudió el comportamiento a fatiga de estas mezclas mediante el ensayo EBADE (10 Hz y 10, 3 y -5°C) en su modalidad adaptada a mezclas y su resistencia a la fisuración, mediante el ensayo Fénix.

El objetivo era corroborar que los resultados obtenidos en betunes se trasladan a las mezclas fabricadas con éstos, y que estas mismas mezclas no solo presentan un buen comportamiento a fatiga sino que también son resistentes a la fisuración.

Para el estudio del comportamiento en mezclas se utilizó una granulometría del tipo "antifisuras rugoso" utilizado ha-

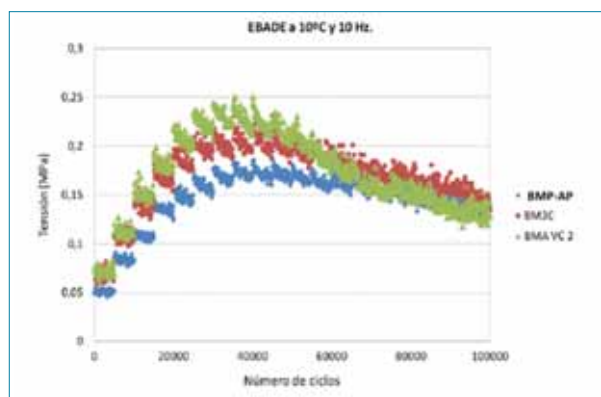


Figura 5: Tensiones Vs número de Ciclos. EBADE a 10° C.

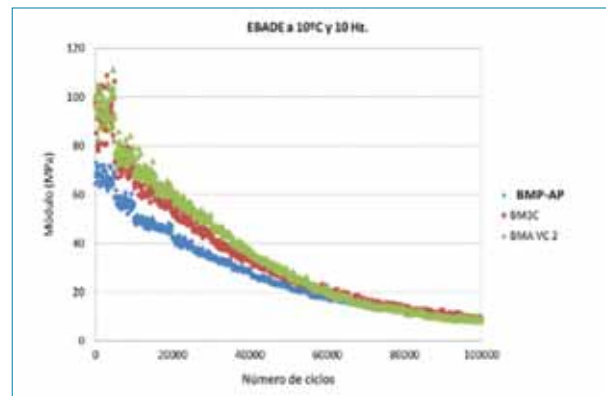


Figura 6: Evolución del Módulo Vs número de Ciclos. EBADE a 10° C.

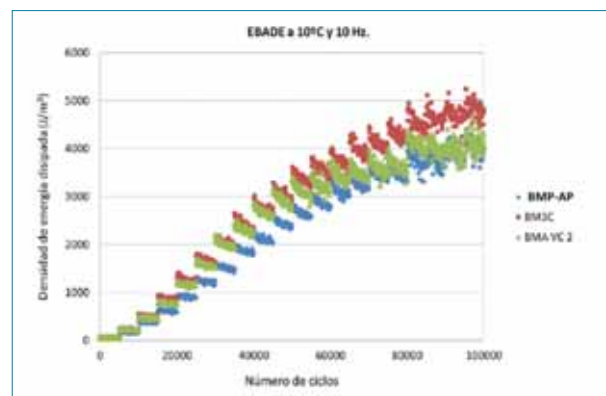


Figura 7: Densidad de energía disipada Vs número de Ciclos. EBADE a 10° C.

bitualmente para este tipo de soluciones con un contenido de ligante del 6,2 % s/a.

Las densidades y los huecos promedio de las probetas fabricadas mediante compactación por impacto a 75 golpes por cara con los tres betunes fueron muy similares, de modo que cualquier diferencia en el comportamiento de las mezclas fue

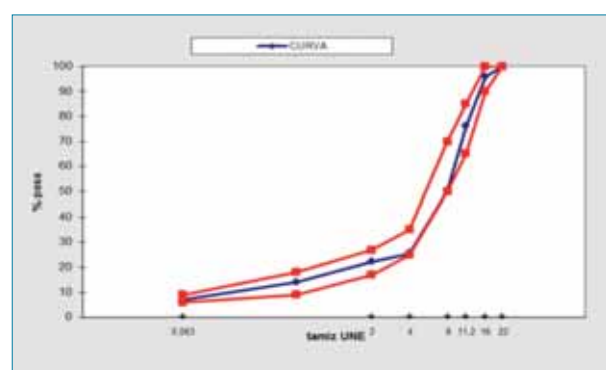


Figura 8: Granulometría utilizada.

Tabla 3. Densidades y huecos de las probetas ensayadas.

|         | Densidad relativa aparente (gr/cm³) | Densidad geométrica (gr/cm³) | Huecos teóricos (%) |
|---------|-------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| BMP-AP  | 2,360                               | 2,247                        | 4,2                 |
| BM3c    | 2,359                               | 2,235                        | 4,2                 |
| BMAVC 2 | 2,332                               | 2,234                        | 5,4                 |

Tabla 4. Parámetros obtenidos en los ensayos EBADE.

| Mezclas | Temperatura (°C) | Módulo inicial (MPa) | Deformación de fallo (µm/m) |
|---------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| BM3c    | 10               | 6.619                | 525                         |
|         | 3                | 8.737                | 375                         |
|         | -5               | 13.103               | 325                         |
| BMP-AP  | 10               | 5.492                | 625                         |
|         | 3                | 7.044                | 375                         |
|         | -5               | 12.107               | 325                         |
| BMAVC 2 | 10               | 8.171                | 225                         |
|         | 3                | 9.307                | 225                         |
|         | -5               | 11.438               | 225                         |

debida a las propiedades del betún que la componía. Los valores se muestran en la Tabla 3.

## 4.1 Ensayo EBADE

Mientras que en los ensayos EBADE en betunes los módulos del BM3c y del BMAVC 2 fueron similares a 10°C, las mezclas fabricadas con estos muestran resultados diferentes. El módulo de la mezcla fabricada con el BMAVC 2 ha sido un 19% superior al de la mezcla fabricada con el BM3c, esta diferencia ha sido menor a 3°C, y a -5°C ha sido la mezcla fabricada con el BM3c la que ha obtenido un módulo ligeramente superior. Sin embargo donde más se ha notado una diferencia de la tendencia de comportamiento ha sido en la deformación de fallo. La mezcla fabricada con el ligante BMAVC 2 ha obtenido deformaciones de fallo muy inferiores a las obtenidas por el resto de mezclas tanto a 10 como a 3°C. A -5°C las diferencias han sido menores.

La Figura 6 muestra como claramente la mezcla fabricada con el ligante BMP-AP presenta una mayor ductilidad a 10°C. Sin embargo las deformaciones de fallo de la mezcla fabricada con el BM3c tanto a 3 como a -5°C son iguales,

siendo el módulo inicial de la mezcla BM3c ligeramente superior. Aunque las deformaciones de fallo de las dos mezclas sean similares, el mayor módulo de la mezcla BM3c indica que ésta presenta una mayor rigidez. Esto repercutiría negativamente en la capacidad de esta mezcla para evitar la propagación de fisuras, respecto a la mezcla fabricada con el BMP-AP. Por su parte la mezcla fabricada con el ligante BMAVC 2 no varió su deformación de fallo con la tempera-

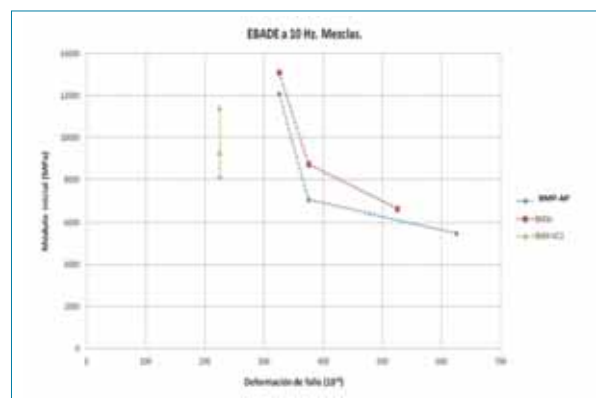


Figura 9: Representación gráfica de los parámetros obtenidos en los ensayos EBADE en mezclas.

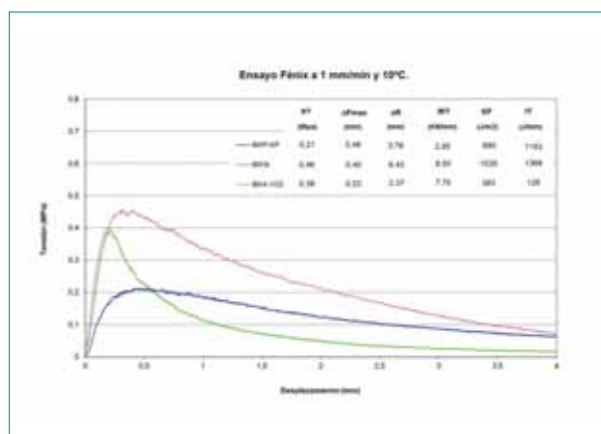


Figura 10: Curvas tensión-desplazamiento obtenidas en los ensayos Fénix a 10°C.

tura y fue claramente inferior que para el resto de mezclas a todas las temperaturas.

#### 4.2 Ensayo Fénix

En la Figura 10 se muestra lo que ya se ha observado en los resultados obtenidos en los ensayos EBADE. La mezcla fabricada con el BMP-AP es la más dúctil de las 3, mientras que la mezcla fabricada con el BM3c presenta una gran resistencia a tracción manteniendo una ductilidad elevada. Por su parte la mezcla fabricada con el ligante BMA VC2 se ha rigidizado mucho como muestra su baja energía de fractura (GF) y su bajo índice de tenacidad (IT) en comparación con las otras dos mezclas.

De los parámetros obtenidos en los ensayos Fénix se observa la misma tendencia obtenida en los ensayos EBADE, (ver tabla 5). La mezcla fabricada con el BMP-AP es la que presenta una gran ductilidad y la mezcla fabricada con el ligante BMA VC2 ha sido la que más se ha rigidizado mostrando Índices de Tenacidad (IT) más bajos. Por su parte, la mezcla fabricada con el ligante BM3c, al presentar una ductilidad similar a la mezcla BMP-AP y tener un mayor módulo ha obtenido excelentes resultados en los ensayos de Fénix de fisuración. Sin embargo, la mezcla fabricada con el BMP-AV ha sido la que ha experimentado una menor variación de sus parámetros con la temperatura, siendo la que mayor ductilidad ha mostrado a la temperatura más baja.

#### 5. Conclusiones

De los resultados obtenidos se han derivado las siguientes conclusiones:

- Respecto a los ensayos realizados en ligantes, el BM3c ha sido el único que ha experimentado un descenso de la deformación de fallo con la temperatura, medible por el ensayo EBADE. Además su incremento de módulo con el descenso de la temperatura ha sido superior al resto indicando así una mayor sensibilidad a la temperatura. Tanto el BMP-AP como el BMA VC 2 han mantenido su deformación de fallo por encima del límite de medición del ensayo EBADE a todas las temperaturas, pero el BMA VC 2 ha mostrado módulos significativamente mayores.

Tabla 5. Parámetros obtenidos en los ensayos Fénix.

|         | Temperatura (°C) | IRT (kN/mm) | GF (J/m²) | IT (mN) |
|---------|------------------|-------------|-----------|---------|
| BM3c    | 20               | 4           | 751       | 1.461   |
|         | 10               | 9           | 1.017     | 1.383   |
|         | -5               | 16          | 1.050     | 293     |
| BMP-AP  | 20               | 3           | 311       | 599     |
|         | 10               | 9           | 492       | 594     |
|         | -5               | 14          | 803       | 307     |
| BMA VC2 | 20               | 6           | 244       | 150     |
|         | 10               | 8           | 372       | 112     |
|         | -5               | 15          | 796       | 72      |



- De las mezclas estudiadas, la más dúctil ha sido la fabricada con el ligante BMP-AP, lo que la calificaría como la mejor opción para evitar la propagación de fisuras a la capa superior del firme. La mezcla fabricada con el BM3c ha obtenido resultados similares en los parámetros que miden la ductilidad, sin embargo sus parámetros de rigidez han sido más elevados, indicando que esta mezcla es más sensible al cambio de temperatura.
- El procedimiento de fabricación y/o la interacción del betún con los áridos ha afectado a la ductilidad del ligante BMA VC 2. Mientras que en los ensayos realizados en betunes presenta unos valores prometedores, la mezcla fabricada con este ligante ha mostrado menores energías de fractura, menores índices de tenacidad y menores deformaciones de fallo, lo cual indica que su ductilidad se ha visto reducida drásticamente. Por lo tanto, de las tres mezclas estudiadas, esta sería la menos adecuada para ser empleada como mezcla anti-fisuras.

### 6. Referencias bibliográficas

- Botella, R.; Pérez-Jiménez, F. E. & Miro, R. 2012. Application of a strain sweep test to assess fatigue behavior of asphalt binders- Construction and Building Materials, vol 36, 906-912.
- Pérez Jiménez, F. E.; Valdés, G.; Miró, R.; Martínez, A. & Botella, R. 2010. Fénix Test: Development of a New Test Procedure for Evaluating Cracking Resistance in Bituminous Mixtures.- Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2181, 36 - 43.
- Perez-Jimenez, F.; Valdes, G.; Botella, R.; Miro, R. & Martinez, A. 2011. EBADE procedure: A new method to assess fatigue behaviour of asphalt mixtures. Revista de la construcción, vol 10, 55-65.
- Pérez, I.; A. García; Soto J.A. 2009. Técnicas de rehabilitación de pavimentos fisurados. IV Jornada Nacional de Asefma.

#43

## AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las rodaduras asfálticas proporcionan una superficie suave y confortable que reduce el consumo de los vehículos y sus emisiones” (Editorial, número 20)

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE

# UNE-EN 12697-23:2004.

## Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas

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

Javier Loma, jloma@ohl.es

Asfaltos y Construcciones ELSAN

### 1. Objeto y principio del ensayo

Determinación de la resistencia a la tracción indirecta a una temperatura especificada de probetas cilíndricas de mezclas bituminosas.

La probeta de ensayo, a la temperatura especificada, se sitúa entre las bandas de carga de una prensa y se somete a una carga diametral en la dirección del eje de la probeta con una velocidad de desplazamiento constante hasta su rotura.

### 2. Método operativo

Cada ensayo se realiza, al menos, sobre 3 probetas.

Las probetas de ensayo se pueden fabricar con los compactadores de impacto (UNE-EN 12697-30), giratorio (UNE-EN 12697-31), vibratorio (UNE-EN 12697-32) y también pueden obtenerse de las placas fabricadas con rodillo (UNE-EN 12697-33) o de testigos extraídos de obra. Para realizar el ensayo de sensibilidad al agua la energía con impacto (UNE-EN 12697-30) será de 50 golpes por cara y por giratoria (UNE-EN 12697-31) de 50 giros, a menos que se seleccione un nivel diferente de energía de compactación.

Las probetas en función del tamaño máximo del árido, pueden tener un diámetro de 100 mm para árido inferior a 22 mm, 150 y 160 mm para árido inferior a 40 mm.

La altura de las probetas de ensayo debe estar comprendida entre 35 y 75 mm.

La temperatura de ensayo estará comprendida entre 5 y 25 °C ±2°C. Las probetas deben acondicionarse a la temperatura de ensayo en un baño de agua (protegidas con bolsas) o en cámara de aire durante 2 horas (diámetro de 100 mm) o 4 horas (diámetro de 150 o 160 mm).

Nota: Para el ensayo de sensibilidad al agua, UNE-EN 12697-12, la temperatura establecida en la norma UNE-EN 13108-20, D3, es de 15°C.

En la rotura se determina la carga máxima y el tipo de rotura (por tracción, deformación o combinación). La resistencia a la tracción indirecta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$ITS = \frac{2P}{\pi DH}$$

Donde:

- ITS es la resistencia a tracción indirecta (GPa) redondeada a tres dígitos significativos.
- P es la carga máxima (kN) redondeada a tres dígitos significativos.
- H es la altura de la probeta (mm) con un decimal.
- D es el diámetro de la probeta (mm) con un decimal.

Nota : cuando la diferencia entre los valores individuales de resistencia de las probetas, sea superior al 17 % respecto al valor medio se anula el resultado de esa probeta y se ensayarán dos probetas adicionales.

## UNE-EN 12697-23:2004. Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas



### 3. Equipamiento

Los equipos necesarios para realizar el ensayo son los siguientes:

- Prensa de ensayo similar a la prensa Marshall (UNE-EN 12697-34) con capacidad mínima de 28 kN y velocidad constante de  $50 \pm 2$  mm/min. Es posible que se requiera una prensa de mayor capacidad en función de la temperatura de ensayo y diámetro de las probetas.
- Bastidor de carga, en función del diámetro de la probeta (100, 150 y 160 mm). Su longitud será al menos la misma que la probeta de ensayo.
- Baño de agua o cámara de aire controlada mediante termostato.

### 4. Puntos críticos

La Norma indica que la longitud de las bandas de carga debe tener al menos la misma anchura que la probeta. Cuando se utilizan probetas con diámetro de 150 y 160 milímetros, manteniendo la relación altura/diámetro que indica la norma.

El ensayo se utiliza para evaluar la cohesión de las mezclas bituminosas.

Es un ensayo muy susceptible a las temperaturas seleccionadas, pudiendo valorar con mayor claridad los resultados a temperaturas inferiores.

### 5. Comentarios

Este ensayo se emplea con cierta frecuencia, para determinar la sensibilidad al agua en mezclas bituminosas (UNE-EN 12697-12). Los anillos interlaboratorios realizados hasta la fecha indican que es un ensayo con baja reproducibilidad.

### 6. Bibliografía

- UNE-EN 12697-12. Ensayo de sensibilidad al agua.
- UNE-EN 12697-30. Preparación de la muestra mediante el compactador de impacto.
- UNE-EN 12697-31. Preparación de la muestra mediante el compactador giratorio.
- UNE-EN 12697-32. Preparación de la muestra mediante el compactador vibratorio
- UNE-EN 12697-33. Preparación de la muestra mediante el compactador de rodillo.
- UNE-EN 12697-34. Ensayo Marshall.
- UNE-EN 12697-29. Determinación de las dimensiones de las probetas.
- UNE-EN 13108-20. Ensayo de tipo inicial.

*El ensayo de rotura por tracción indirecta se emplea para determinar la cohesión de las mezclas bituminosas. Es importante seleccionar la temperatura de ensayo adecuada para valorar sus propiedades.*

# Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas:

## 3. Ejecución de un tramo de prueba

**Andrés Costa**, [acosta@ohl.es](mailto:acosta@ohl.es)  
Asfaltos y Construcciones ELSAN, S. A.

### 1. Definición de la actuación

En los Artículos 542 y 543 del vigente PG-3, en los apartados 542.6 y 543.6 respectivamente, relativos a la ejecución de un tramo de prueba, se prescribe lo siguiente: “Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo, la forma de actuación de los equipos de extensión y compactación, y, especialmente, el plan de compactación.

A efectos de verificar que la fórmula de trabajo puede cumplir después de la puesta en obra las prescripciones relativas a la textura superficial y al coeficiente de rozamiento transversal, en capas de rodadura se comprobará expresamente la macrotextura superficial obtenida, mediante el método volumétrico (norma UNE-EN 13036-1), que deberá cumplir los valores establecidos en los epígrafes 542.7.4 y 543.7.4, y que aparecen en la Tabla 1.

Durante la ejecución del tramo de prueba se podrá analizar la correspondencia, en su caso, entre el método volumétrico y un texturómetro láser como medio rápido de control. En ese caso, se elegirán cien metros (100 m) del tramo de prueba, en el que se realizará la medición con el texturómetro láser que se vaya a emplear posteriormente en el control de la obra y se harán al menos cinco (5) determinaciones de la macrotextura (norma UNE-EN 13036-1).

La correspondencia obtenida será aplicable exclusivamente para esa obra, con la fórmula de trabajo y el plan de compactación aprobados y con ese equipo concreto de medición.

El tramo de prueba tendrá una longitud no inferior a la definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la obra en construcción.

Se tomarán muestras de la mezcla bituminosa, que se ensayarán para determinar su conformidad con las condiciones especificadas, y se extraerán testigos. A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras decidirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso, se podrá iniciar la fabricación de la mezcla bituminosa. En el segundo, el Contratista deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación o sistemas de extensión, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, definirá su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos, o incorporar equipos suplementarios.

Además, durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación del ligante hidrocarbonado y de la densidad in situ establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control.

En el caso de las mezclas bituminosas para las capas de rodadura descritas en el Artículo 543 del PG-3, también se estudiará el equipo y el método de realización de juntas, así como la relación entre la dotación media de mezcla y el espesor medio de la capa aplicada con la que se alcance una densidad superior a la especificada como mínima en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Tabla 1. Valores mínimos de la macrotextura superficial (MTD).

| Característica                                          | Valor           |             |        |
|---------------------------------------------------------|-----------------|-------------|--------|
| Macrotextura superficial<br>(Norma UNE-EN 13036-1) (mm) | Mezclas tipo AC | BBTM B y PA | BBTM A |
|                                                         | 0,7             | 1,5         | 1,1    |



## Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

En el caso de las mezclas tipo BBTM B con espesor superior a dos centímetros y medio (2,5 cm) y de mezclas drenantes, se analizará, además, la correspondencia entre el contenido de huecos en mezcla y la permeabilidad de la capa según la NLT-327.

No se podrá proceder a la producción sin que el Director de las Obras haya autorizado el inicio en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba”.

Es unánime, en toda la Normativa existente sobre mezclas bituminosas y su puesta en obra, la exigencia de realizar un “tramo de prueba”, como paso previo al inicio del extendido y compactación de las mismas.

El tramo de prueba puede realizarse formando parte de la obra a ejecutar (aceptable cuando la planta de fabricación, los materiales utilizados y el tipo de mezcla, así como las condiciones de ejecución y el equipo de puesta en obra ya se hayan utilizado en obras similares y se tenga experiencia suficiente sobre los resultados que se obtienen), o bien realizarse sobre una superficie que no forme parte de la obra (siempre que no exista experiencia sobre la fabricación y puesta en obra de la o de las mezclas bituminosas que se vayan a utilizar o se trate de un nuevo desarrollo).

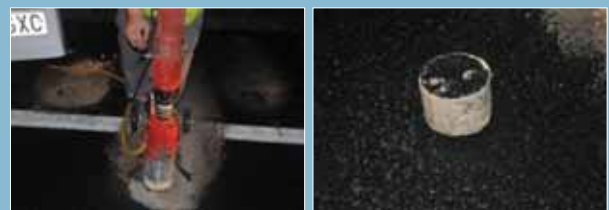
Esta exigencia está plenamente justificada desde un punto de vista funcional, y su utilidad ha sido debatida en numerosos Congresos y literatura técnica, por el gran número de variables, que no es posible determinar en el laboratorio y que influyen en la correcta ejecución del extendido de las mezclas bituminosas (equipos de puesta en obra, condiciones de la obra, mezclas bituminosas especiales o de nueva utilización, etc.).

Con el tramo de prueba se trata de determinar si es aceptable o no la fórmula de trabajo, si son aceptables o no los equipos de compactación previstos para la ejecución de la obra, y en caso afirmativo, definir de forma específica su actuación.

Así mismo se puede aprovechar para analizar la correspondencia entre algunos de los métodos de control de la dosificación del ligante hidrocarbonado y de la densidad in situ o sobre las características superficiales de la capa construida, establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas y otros métodos de ensayo más rápidos que se pueden utilizar para realizar estos controles. Los pasos a realizar en el tramo de prueba son los siguientes:

- Aspecto visual de la superficie donde se realiza el tramo de prueba, su estado de limpieza y preparación (riego de adherencia realizado). Condiciones climatológicas en el momento de la realización del tramo.

- Aspecto visual de la mezcla bituminosa al llegar a la obra. Se valorará su homogeneidad granulométrica y de reparto de ligante, ausencia de contaminaciones por áridos sin envolver o presencia de grumos de ligante asfáltico, se medirá la temperatura de la mezcla en el momento de la descarga en la extendedora y al inicio de la compactación.
- Se tomaran muestras de la mezcla bituminosa para determinar, mediante ensayos de control en laboratorio, la granulometría y el contenido de ligante y así verificar su ajuste con la Formula de Trabajo aprobada.
- Se procederá a realizar la compactación de la mezcla bituminosa extendida variando la posición de los equipos y el número de pasadas de cada uno delimitando cada zona para verificar, mediante testigos o equipos de medida de densidad in situ, los resultados obtenidos y el procedimiento de compactación optimo. Se medirá la temperatura de la mezcla al finalizar la compactación.



Extracción de testigos en tramo de prueba para verificar las prestaciones conseguidas.



Medida de la macrotextura Medida rápida del IRI (IRIS 2000).

- Por último se analizarán los resultados obtenidos y si se cumplen las prescripciones técnicas de la obra y lo establecido en la Fórmula de Trabajo aprobada por el Director de la Obra.

### 2. Factores que influyen en la ejecución del tramo de prueba

Para que un tramo de prueba sea válido y sus resultados de utilidad, debe ser representativo por sus características y medios utilizados para su construcción. En este sentido, hay

una serie de variables, que no es posible su determinación mediante ensayos de laboratorio, que exigen la realización del tramo de prueba. Estas variables fundamentalmente tienen que ver con:

- Equipos mecánicos de extendido y compactación.
- Sustrato sobre el que se extienden las distintas capas bituminosas
- Climatología en la época del extendido
- Tipo de mezcla bituminosa
- Espesor de la capa de mezcla bituminosa
- Temperatura de la mezcla

Siempre que sea posible, es recomendable realizar el tramo de prueba sobre la superficie a pavimentar, con los mismos equipos y condiciones de trabajo y climatológicas.



Tramo de prueba en la misma obra a ejecutar y en una superficie fuera de la carretera de la obra.

En función del tipo de mezcla y del espesor de la capa a construir, pequeñas variaciones en las variables antes definidas, pueden modificar sensiblemente los resultados, pudiéndose rechazar mezclas bituminosas o equipos de puesta en obra válidos o bien dando por buenos aquellos que no lo son para la obra que realmente se va a ejecutar.

Un aspecto muy importante para que no haya problemas en la ejecución del tramo de prueba es la correcta toma de muestras tanto de la mezcla bituminosa al llegar a obra como de la capa construida mediante la extracción de testigos.

### 3. Recomendaciones para una buena ejecución del tramo de prueba

La correcta ejecución del tramo de prueba, como parte de la obra o en una superficie diferente, es fundamental para que sus resultados sean válidos y representativos, lo que puede ser determinante en el éxito o fracaso de la obra.

Es recomendable elaborar un documento o ficha que recoja toda la información sobre el tramo de prueba y que, una vez aprobado por el Director de Obra, sea utilizado para la ejecución de la obra como instrucción de actuación y equipos a utilizar. Como recomendaciones mas importantes se pueden incluir las siguientes:

- Comprobar la correcta preparación de la superficie a pavimentar, que se corresponda lo más aproximado posible con la superficie donde se va a realizar finalmente la obra.



Preparación de la superficie para realizar un tramo de prueba.

- Comprobar y registrar que las condiciones climatológicas (humedad, temperatura, viento, etc.) son las adecuadas y se van a parecer lo más posible con las realmente existentes en el momento de ejecución de la obra.
- Revisión inicial de los equipos de extendido y compactación. Comprobar su correcto funcionamiento y anotar sus características.
- Respecto al equipo de compactación se definirá inicialmente su composición y forma de actuación, verificando:
  - El número y tipo de compactadores y que son los aprobados inicialmente.
  - El correcto funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.
  - El lastre, peso total y, en su caso, presión de inflado de los neumáticos de los compactadores.
- Al llegar la mezcla bituminosa al tramo de prueba comprobar su homogeneidad granulométrica y térmica. Ausencia de heterogeneidades en la envuelta de la mezcla.
- Toma de muestras de la mezcla bituminosa antes de iniciarse el extendido de la misma, para mediante los correspondientes ensayos de laboratorio, verificar su adecuación con la Formula de Trabajo aprobada.

## Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas



Distintos equipos de compactación en tramos de prueba fuera de la carretera a pavimentar.

- Extendido de la mezcla, comprobando el espesor de la capa construida, temperatura de la misma y aspecto homogéneo de su superficie.
- Compactación de la capa extendida según el plan de compactación propuesto. Medida de las densidades in situ obtenidas, análisis de los resultados y determinación de la validez del plan de compactación propuesto.
- Si los resultados no fueran plenamente satisfactorios, se establecerá un nuevo plan de compactación, medida de la temperatura de la mezcla bituminosa y ejecución del nuevo plan. Medida de las densidades in situ y valoración de los resultados obtenidos. Este proceso puede repetirse el número de veces necesario para determinar el plan de compactación óptimo. Podría ser necesario modificar el tipo de compactadores o bien su número. En todos los casos se medirá la temperatura de la mezcla al inicio y al final de la compactación.
- Cuando el Director de Obra tenga dudas sobre la calidad final de la capa construida con la mezcla bituminosa y los medios disponibles, podrá exigir la realización de nuevos ensayos para verificar la calidad final obtenida.

La realización de un tramo de prueba previo a la obra es especialmente importante cuando la técnica de pavimentación que se vaya a utilizar sea novedosa, se tenga poca experiencia sobre ella o bien cuando no sea fácil controlar perfectamente los materiales que forman parte de la mezcla bituminosa definida.

En este concepto podemos incluir las mezclas bituminosas especiales, no recogidas en el PG-3 o que por petición de la Dirección de Obra o a propuesta del contratista, se vayan a realizar y presenten variaciones importantes en sus materiales constituyentes o en el proceso de fabricación y puesta en obra.

Como algunos ejemplos podemos enumerar, solo a título indicativo, los casos siguientes:

- Mezclas bituminosas fabricadas y puestas en obra a menor temperatura (semicalientes o templadas).
- Utilización de ligantes sintéticos para mezclas en color.
- Utilización de áridos especiales (de escorias, procedentes de demolición, volcánicos de baja densidad, etc.).
- Incorporación a las mezclas de aditivos especiales para mejorar o modificar sus características (asfalto natural, fibras, promotores de adhesividad, etc.).
- Mezclas discontinuas para capas ultradelgadas.
- Mezclas bituminosas de las prescritas en las normas UNE EN 13108 y no recogidas en el vigente PG-3 (mezclas SMA, HRA y másticos asfálticos).
- Mezclas bituminosas procedentes del reciclado de firmes bituminosos envejecidos.

Si la técnica de pavimentación que se va a utilizar es el reciclado de firmes envejecidos, y especialmente cuando se realiza in situ en frío, el tramo de prueba es de una gran importancia ya que son mayores las incertidumbres en la ejecución de la unidad, debido a que el material que se extiende para formar la nueva capa de firme, proviene del fresado del material envejecido existente, con la dificultad añadida que ello conlleva dada la variabilidad en la granulometría del material fresado en función del grado de fisuración del firme envejecido, del espesor de fresado y del equipo de fresado utilizado y su velocidad de avance.

En este caso además del estudio de los equipos de compactación, es importante definir tramos de firme homogéneos y realizar en cada uno de ellos un tramo de prueba para determinar en cada uno:

- Ritmo de trabajo y velocidad de avance del tren de reciclado.
- Naturaleza del material a fresar y profundidad del fresado.
- Granulometría del material fresado.
- Fórmula de trabajo.
- Precisión de los dosificadores de emulsión y agua.
- Relaciones entre humedad y densidad alcanzada.
- Esponjamiento de la capa reciclada
- El plan de compactación más adecuado para cada tramo.

Cuando el reciclado es en caliente y se realiza en Central de Fabricación, la forma de actuar es la misma que se sigue en el extendido de mezclas asfálticas en caliente.

# Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas.

## Parte II: Presencia de lluvia

Jacinto Luis García Santiago, jacintoluis@outlook.com  
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

La puesta en obra de mezclas asfálticas en condiciones climáticas adversas, como son las de tiempo frío, presencia de lluvia, o combinación de ambas, suponen no solo un reto sino un gran riesgo para la calidad y el comportamiento de las mezclas en caliente extendidas en esas condiciones. La lluvia puede afectar a la adherencia al soporte, a la cohesión interna de la mezcla si aumenta su humedad y a las densidades de la capa y su uniformidad, que son muy sensibles a la temperatura de la mezcla durante su compactación, temperatura afectada por el enfriamiento causado por la evaporación del agua caída sobre la capa aún no compactada. Por ello, cuando las condiciones climáticas indican riesgo o presencia de lluvia, es necesario conocer y gestionar los factores clave que afectan a las propiedades de la mezcla, de la adherencia al soporte y a su temperatura durante su compactación, para poder evaluar la viabilidad o no de la puesta en obra en esas condiciones para lograr un resultado satisfactorio.

**Palabras clave:** asfaltado, puesta en obra, mezcla bituminosa, mal tiempo, lluvia

Asphalt paving operations in cold weather or when it's raining, is a difficult challenge for the quality and performance of hot mix asphalt laying under this conditions. Uniformity and mix densities are too sensitive to the mix temperature during laying and compaction operations. The rain may affect the adhesion to the underlying substrate, reduce the mix internal cohesion if it increases its moisture and affect the layer density and its uniformity, which are very sensitive to the mix temperature during compaction, affected by the cooling caused by the evaporation of water falling on the still uncompacted layer. Therefore, when weather conditions indicate risk or presence of rain is necessary to know and manage the key factors affecting the properties of the mixture, the adhesion to the substrate and its temperature during compaction, to assess the work feasibility under these conditions to achieve a satisfactory result.

**Keywords:** asphalt, hot mix asphalt, paving, rain, cool weather

### 1. Introducción

En este artículo, junto con el publicado en el número 18 de esta revista "Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas: Bajas temperaturas", del que es continuación, se recogen algunas de las problemáticas relacionadas con la puesta en obra

de mezclas bituminosas en caliente (MBC) en condiciones climáticas adversas.

Si en el primer artículo se describieron las que surgen con ocasión de la presencia de bajas temperaturas, en esta segunda parte la problemática que se analiza es la debida a la presencia de lluvia inmediatamente antes o durante la puesta en obra de las MBC.



# Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas. Parte II: Presencia de lluvia

## 2. Consideraciones generales

Como norma general, la puesta en obra de las mezclas en caliente debe planificarse para que se ejecute siempre en condiciones climáticas favorables en cuanto a temperaturas, viento y lluvia, para que se favorezca, o posibilite, que su compactación se realice en el rango adecuado de temperatura, de modo que no solo se alcance la densidad exigida, sino que ésta se consiga en buena temperatura, sin reducir prestaciones mecánicas ni cohesivas. Y también, de modo que las condiciones de humedad de la superficie de apoyo no agraven la velocidad de enfriamiento de la capa, ni afecten a la calidad y adherencia de la nueva capa al soporte.

Sin embargo, esto no siempre es así y hay ocasiones en las que su ejecución se lleva a cabo en situaciones con presencia de lluvia o con humedad en la superficie de apoyo, a las que pueden sumarse las de bajas temperaturas o presencia de viento, lo que dificulta en gran manera la compactación de la mezcla y que ésta se realice en un rango adecuado de temperaturas, sin presencia de segregaciones térmicas, además de repercutir negativamente en otras propiedades de la capa como regularidad superficial, textura, etc.

Asimismo, la presencia de agua en la mezcla afectaría muy negativamente a la cohesión interna de ésta, mientras que su presencia en la superficie del soporte lo haría con su adherencia con la nueva capa.

Las capas ejecutadas en estas condiciones pueden tener una respuesta muy deficiente de su comportamiento al verse muy reducidas en la mezcla su cohesión, resistencia a la acción del agua y prestaciones mecánicas, así como presentar deficiencias en cuanto a adherencia entre capas.

Por condiciones desfavorables se entienden las relativas a las temperaturas ambiente y de la capa subyacente, de viento, lluvia y estado de la superficie de apoyo con mucha humedad o mojada.

En lo que sigue se analizan las afecciones que la presencia de lluvia o una superficie de soporte mojada tienen en la nueva capa extendida y en la estructura del firme.

## 3. Lluvia

La operación de puesta en obra de MBC, en situaciones de lluvia o de pavimento mojado, es muy desaconsejable por sus

negativas consecuencias sobre la calidad, comportamiento y durabilidad de la capa y la estructura del firme, por lo que, como regla general, no debe procederse a su colocación, muy especialmente con capas delgadas.

En lo que sigue se revisan los aspectos normativos, las principales afecciones y repercusiones de la presencia de lluvia y de un soporte mojado en la calidad final obtenida, unas consideraciones previas si hay riesgo o presencia de lluvia y algunas situaciones o casuísticas en que se presenta la lluvia y actuaciones recomendables derivadas.

## 4. Aspectos normativos

Las normativas en general no permiten las operaciones de extendido de MBC en presencia de lluvia o bien establecen limitaciones severas al respecto, en cuyo caso, excluyen las capas de rodadura.

Establecen limitaciones en forma de condiciones de tipo ambiental (temperatura, viento, lluvia, heladas...) para poder proceder al extendido de mezclas asfálticas en caliente, a fin de prevenir una calidad inaceptable en la capa ejecutada. Estas limitaciones están definidas, con mayor o menor precisión o alcance, en unas normativas respecto a otras.

En la normativa española más general, el PG-3 [Ref.1], las limitaciones establecidas en los artículos 542 y 543 son las siguientes:

*"Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas en caliente:*

- *... Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas".*

En la normativa de algunos países con climatología más desfavorable se distingue, en cuanto a las limitaciones por precipitaciones, si se trata de capas de rodadura o de capas inferiores, admitiendo su extendido en caso de precipitaciones ligeras ligadas a unos mínimos en la temperatura ambiente y de la superficie de apoyo y estado de humedad de ésta (por ejemplo, la de los países sajones. [Ref 2].

En otras especificaciones de regiones de climas fríos, además, se suele limitar la época de ejecución, como en las del DOT de Washington [Ref 3] en las que indica:

#### 5.04.3 (16) Limitaciones climáticas

*“Las MBC para capas de rodadura no se podrán colocar en ninguna carretera abierta al tráfico entre el 1 de octubre de cualquier año y el siguiente 1 de abril, sin la aprobación por escrito del Ingeniero responsable del proyecto...”*

*“... Las MBC no se extenderán sobre ninguna superficie húmeda... o cuando otras condiciones del tiempo impidan un adecuado manejo y acabado de las mezclas bituminosas.*

### 5. Afecciones de la lluvia

Las afecciones son varias y responderían a los siguientes aspectos:

- La brusca y acusada caída de temperatura por la vaporización del agua existente en la superficie de soporte y de la que va cayendo sobre la capa extendida; este enfriamiento se agrava en caso de presencia, simultánea, de bajas temperaturas en el ambiente (Figura 1).

Ello afecta de modo directo y muy significativo a la temperatura de compactación de la capa y a los resultados de densidad obtenidos, con un aumento importante, e inadmisibles en muchos casos, del riesgo de obtener una mezcla más porosa y menos cohesiva, con pobres prestaciones mecánicas y de reducida durabilidad. Es la principal causa de incompatibilidad entre lluvia y extendido de MBC. Asimismo, ese enfriamiento de la mezcla también puede llegar a afectar a otras propiedades de la capa como la textura o la regularidad superficial.

- El efecto negativo de la presencia de agua en la superficie de apoyo sobre la adherencia de la nueva capa a su soporte, aún en el caso de que, previamente a la precipitación, se haya ejecutado correctamente el riego de adherencia. Solo resulta admisible con una humedad que no llegue a crear una película continua, es decir: superficie húmeda pero no mojada.
- El vapor de agua, generado por la humedad o charcos en el soporte, o por el agua introducida en la mezcla



Fig. 1. Lluvia sobre la capa en ejecución de mezclas en caliente y su evaporación



Fig. 2 Degradación prematura de reparación de fresado y reposición efectuada en condiciones de lluvia y temperaturas bajas

en la operación de descarga, actúa muy desfavorablemente sobre la interfaz árido/ligante, pudiendo llegar a hacer que se rompa la unión entre éstos, acelerando la degradación de la mezcla.

### 6. Actuaciones posibles en caso de lluvia

Sin embargo, la lluvia puede presentarse después de haberse iniciado la operación de extendido y estando camiones en

## Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas. Parte II: Presencia de lluvia

espera de descarga y otros en camino ó, aún no habiendo comenzado a extender, después de empezar la fabricación de mezcla, con una serie de camiones en ruta hacia el lugar de empleo.

Unas posibles decisiones derivadas de la aparición de la lluvia responderían a las que se describen a continuación, muy condicionadas por la situación del riego de adherencia, la intensidad de la lluvia y el tipo de capa.

### 6.1 Paralización del extendido

Conlleva detener la operación de extendido, ejecutar junta transversal de fin de calle y retornar los camiones a la planta para desechar la mezcla o su eventual reciclado de la misma con posterioridad.

Es de aplicación en casos de lluvia fuerte, capas delgadas o delicadas como las de rodadura, o falta de riego de adherencia e inviabilidad de su aplicación.

La compactación debe actuar muy cerca de la extendidora, para que pueda efectuarse con temperatura adecuada en la mezcla, especialmente la primera pasada del rodillo de cabeza.

La preparación de la junta conlleva un aumento del tiempo de exposición y enfriamiento de la capa extendida en la zona inmediatamente anterior a la misma, por lo que el riesgo de fallo de calidad en ella (temperatura de compactación muy baja, densidad insuficiente, regularidad superficial deficiente, textura...) es muy alto

### 6.2 Actuaciones en caso de superficie soporte sin riego de adherencia

En el caso de que no haya superficie con riego de adherencia extendido por delante, bien porque ya se haya cubierto la previamente regada o por empleo de extendedoras que incorporan rampa de riego, y las condiciones de superficie mojada no permitan su aplicación, debe procederse a detener el extendido y ejecutar junta vertical de final de calle.

En caso de que la lluvia sea de corta duración, su posterior continuidad dependerá de la rapidez con que el estado de humedad de la superficie permita la ejecución del riego de adherencia; ello puede ser factible con tormentas veraniegas en las que el calor de la superficie de apoyo produce su rápido secado, o con ayuda de barridos o sopladors de la misma.

### 6.3 Con riego de adherencia ejecutado on anterioridad

Si el riego de adherencia no es condicionante, unas situaciones posibles serían las siguientes:

- En caso de lluvia ligera, pero continuada, y sin charcos de agua en el pavimento, los camiones pueden descargarse y los rodillos deberán compactar la capa trabajando muy cerca de la extendidora, antes de que se enfríe la mezcla, a la vez que se debe reducir la velocidad de avance de la regla para maximizar la precompactación. Esto es factible con capas gruesas y no tanto con capas delgadas. En caso de presencia o formación de charcos en la superficie a cubrir, no debe continuarse el extendido, salvo que se eliminen.
- En caso de lluvia fuerte debe detenerse el proceso y finalizar calle ejecutando junta.
- Si la lluvia es de corta duración se puede esperar a su término, aunque debe detenerse el extendido con la correspondiente junta vertical y se procede a vaciar de mezcla la extendidora; en los camiones en espera la mezcla puede permanecer en los mismos algunas horas manteniendo una temperatura aún adecuada, hasta que pueda reanudarse la extensión, una vez aceptablemente seco y libre de charcos el pavimento. Si la paralización es importante, en los camiones en espera se incrementa la costra fría del contorno de la carga, por lo que el riesgo de segregaciones térmicas se multiplica; en este caso, el empleo de un dispositivo de transferencia de material (DTM) rehomogeneizador resolvería este problema, comprobando que la temperatura media de la masa del camión es aceptable.

### 6.4 Caso especial: Necesidad de proseguir o de iniciar el extendido bajo lluvia

Hay casos en los que, aún con lluvia intensa o persistente, hay alguna necesidad ineludible de realizar, o proseguir, la puesta en obra de la capa de mezcla. Una posible solución, para tratar de minimizar los riesgos que este tipo de decisión entrañaría, se detalla a continuación.

#### 6.4.1 Extendido de MBC en condiciones de lluvia persistente. Un caso práctico

En estas condiciones se presentan varios problemas, como el de extendido de riego de adherencia y el propio de la mezcla.

Si para el primero es posible, en carreteras cerradas al tráfico, encontrar un período de tiempo sin lluvia y ejecutar el riego en situación de pavimento húmedo, pero no mojado, con días de antelación, esta práctica no es viable para el segundo.

Una experiencia, en la que participó el autor de este artículo, y en la que esta situación se resolvió con éxito, se basó en principios como:

- Lograr la eliminación del agua de la lluvia que cae sobre el pavimento, pasando su superficie de una situación de "pavimento mojado" a otra de "pavimento húmedo pero no mojado", en el que se garantizaría la adherencia de la nueva capa al soporte y soslayando, o minimizando, los riesgos de vaporización del agua presente en la capa soporte.
- Preservar la mezcla de todo contacto con el agua de lluvia, desde su fabricación hasta su salida de la regla de la extendidora.
- Maximizar la precompactación dada por la regla, como prevención ante la pérdida de temperatura de la capa extendida pero aún sin compactar por los rodillos.

La solución consistió en aplicar un soplado de alta eficiencia de la capa de apoyo, mediante una barra con difusores orientados, situada justamente por delante de la extendidora y anclada a la misma, en el empleo de un dispositivo de transferencia tipo silo móvil, en la protección de la tolva de recepción en la extendidora para evitar que el agua de lluvia penetrara en ella y en el empleo de una regla de alta compactación que combinada con una reducida velocidad de avance maximizaba la precompactación lograda en la capa (próxima a la final requerida en la capa) (Fig. 3).

El riego de adherencia se ejecutaba en momentos sin lluvia, con días de antelación. Se procedió a comprobar la adherencia de la nueva capa con el soporte a través de testigos, comparando áreas de extendido en condiciones sin lluvia con las ejecutadas con lluvia, a través del ensayo LCB del Labo-



Fig. 3. Puesta en obra con lluvia persistente. Barra de soplado desplazando agua caída.

ratorio de Caminos de la UPC (antecedente del recogido en la norma NLT "382/08 Evaluación de la adherencia entre capas de firme mediante ensayos de corte" que, actualmente, se contempla en el artículo 531 del PG3), siendo los resultados comparables y satisfactorios.

#### 7. Otras consideraciones o cuestiones previas a tener en cuenta con lluvia o riesgo de lluvia

Como cuestiones previas a tener en cuenta, siempre que haya previsión de posible lluvia:

- Siempre que sea factible, debe organizarse el extendido a favor de pendiente, para facilitar la evacuación de agua hacia delante del equipo.
- Asimismo, debe revisarse que todos los camiones estén dotados de cubiertas o lonas adecuadas, que cubran totalmente la carga y que solapen adecuadamente el frontal, laterales y compuerta, de modo que no penetre ni el viento ni la lluvia en la misma. Deben estar en buen estado, sin cortes ni agujeros y presentar una superficie tersa, sin combas, para que no acumulen agua en los vanos entre rigidizadores.
- Debe preverse un refuerzo de los equipos de compactación para reducir al máximo el área de la capa que se está compactando y el tiempo de su exposición a la lluvia, salvo en el caso de que haya un cierto sobredimen-



## Algunas consideraciones sobre la puesta en obra de mezclas en caliente en condiciones climáticas adversas. Parte II: Presencia de lluvia

sionamiento y suficiente capacidad. La temperatura a que se compacta y la densidad final obtenida es el aspecto que resulta más crítico para la calidad final de la capa ejecutada bajo lluvia.

- Ha de tenerse en cuenta que, al elevar la caja de los camiones para la descarga, no se vierta agua de las lonas de cubrición a la tolva de la extendidora; en su caso, procedería elevar la caja antes de entrar a la extendidora. Los charcos creados en el suelo, en su caso, deben eliminarse antes de que llegue ahí la extendidora.
- Otra precaución clave en tiempo de lluvia, es la de evitar que los camiones accedan con barro en sus ruedas a la superficie a pavimentar, adherido en sus maniobras de inversión de marcha o en su acceso por caminos no pavimentados. (Fig. 4). En todo caso, debe eliminarse concienzudamente esa suciedad, si se produce.



Fig. 4 Situación indeseable e inadmisible a evitar.

Siempre se debe identificar el tramo afectado para verificar específicamente su calidad para aceptación final, en especial densidad, textura y eficacia del riego de adherencia.

En caso de extendido sobre capas granulares en época lluviosa alternada con heladas, es importante comprobar, previamente, que su compactación fue uniforme y adecuada y no ha dado lugar a presencia de áreas saturadas que, en caso de bajas temperaturas, pudieran haber dado lugar a formación de hielo, con su consiguiente expansión; al fundirse éste por el calor de MBC, daría lugar a un área débil, con alto riesgo de fallo de las MBC colocadas y de bache a corto plazo.

### 9. Resumen a modo de conclusiones

- En caso de lluvia o con la superficie de apoyo mojada, se debe evitar colocar capas de MBC, en especial de rodadura, por el enfriamiento y reducción de la temperatura de compactación y densidad obtenida en la capa y riesgos en la adherencia de la capa a su soporte.
- Es posible hacerlo con capas gruesas, si la lluvia es ligera, en cuanto a mantenimiento de temperatura de mezcla para compactar. En sentido contrario están las mezclas delgadas de baja inercia térmica como las drenantes
- En todo caso, con la superficie de apoyo mojada se crea un riesgo para la adherencia entre capas que puede hacer inviable el extendido.
- El extendido debe hacerse a favor de la evacuación de agua o, en casos especiales, proceder a su soplado o secado.
- La verificación de la adherencia se hace sobre testigos de las dos capas con el ensayo de la NLT 382/08 y los criterios del Art.531 del PG.3 [Ref.1].
- El agua introducida en la mezcla, por la propia lluvia caída o por la vaporización originada en el soporte mojado, puede afectar muy seriamente a la adhesividad del mastico con los áridos y a la cohesión y durabilidad de la capa.

### 10. Referencias

- Ref. 1 Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3 (Actualización FOM 2523/2014)
- Ref. 2 Manual of contract documents for highway works. Volume 1 Specification for highway works. Series 900 Road pavements. Bituminous bound materials.
- Ref. 3 Washington State Department of Transportation. Standard Specifications for Road, Bridge and Municipal Construction [2008]

# 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 5 de marzo hasta el 22 de abril de 2016.

## NORMATIVA PUBLICADA

### Betunes y ligantes bituminosos (Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1)

- **UNE EN 16659: (Publicada en Marzo de 2016, Nueva norma):** Betunes y ligantes bituminosos. Ensayo de la fluencia-recuperación bajo múltiples esfuerzos repetidos (Ensayo MSCR)

## NORMATIVA EN PROYECTO

### Áridos (Comité Técnico AEN/CTN 146)

- **PNE-prEN 13043 (última publicación año 2004):** Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas
- **PNE-prEN 16236 (Norma nueva):** Evaluación de conformidad de los áridos. Ensayos iniciales de tipo y control de producción en fábrica

### Betunes y ligantes bituminosos (Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1)

- **PNE-prEN 15626 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de los ligantes bituminosos fluidificados y fluxados por inmersión en agua. Método en el que se utilizan áridos
- **PNE-prEN 13303 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la pérdida de masa por calentamiento de los betunes industriales
- **PNE-prEN 12591 (última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación Especificaciones de betunes para pavimentación

### Mezclas bituminosas (Comité Técnico AEN/CTN 41/SC-2)

- **PNE-prEN ISO 11819-2 (Norma nueva):** Acústica. Medida de la influencia de la superficie de la carretera en el ruido de rodadura. Parte 2: Método de proximidad (ISO/DIS 11819-2:2015)
- **PNE-prEN 12697-10 (última publicación año 2003):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 10: Compactibilidad
- **PNE-prEN 12697-23 (última publicación año 2004):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 23: Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas
- **PNE-prEN 12697-16 (última publicación año 2006):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 16: Abrasión por neumáticos claveteados
- **PNE-prEN 12697-52 (norma nueva):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 52: Acondicionamiento para tratar el envejecimiento oxidativo

### COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

- Destacar la publicación de la norma UNE EN 16659 cuya aplicación puede permitir para un ligante, determinar su porcentaje de recuperación a diferentes niveles de esfuerzo y conocer la respuesta elástica.
- Se está revisando la normativa de especificaciones de betunes empleados para la pavimentación así como para los áridos empleados en carreteras.
- Importante indicar que se están publicando normas que permiten analizar las características superficiales de los pavimentos como son el ruido de rodadura y el envejecimiento.

## Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

Legislación y otras disposiciones (actualizada a 26 de abril de 2016)

### EL CDTI APRUEBA MÁS DE 65 MILLONES DE EUROS PARA 125 PROYECTOS DE I+D+I EMPRESARIAL

- Las iniciativas aprobadas emplearán a 1.085 trabajadores, en su mayoría de alta cualificación.

El Consejo de Administración del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), organismo dependiente del Ministerio de Economía y Competitividad, ha aprobado 125 nuevos proyectos de I+D+i con un presupuesto total que asciende a más de 85 millones de euros. El CDTI aportará más de 65 millones de euros, impulsando, de esta manera, la I+D+i empresarial.

En el desarrollo de estos proyectos participan 131 empresas, de las cuales el 64,1% son pymes y, de éstas, el 36,9% pertenece a sectores de media y alta tecnología. Del total de las compañías implicadas, 58, es decir, un 44%, recibe, por primera vez, financiación del CDTI.

El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial estima que la suma de estas iniciativas empleará a 442 trabajadores de forma directa y 643 trabajadores de forma indirecta. En total, 1.085 empleados en el conjunto de la economía.

#### Proyectos cofinanciados con fondos FEDER.

En este Consejo, el CDTI ha aprobado 64 proyectos (68 operaciones) cofinanciados con fondos de la nueva ronda FEDER 2014-2020 –Programa Operativo Pluri-Regional de Crecimiento Inteligente–, cuya aportación pública (CDTI+FEDER) asciende a 33 millones de euros.

El Programa Operativo Pluri-Regional de Crecimiento Inteligente permite que el CDTI incremente el tramo no reembolsable al 20% a todos los proyectos que cuenten con cofinanciación de este programa, con independencia del tamaño del beneficiario.

Se pueden consultar las condiciones de las ayudas del CDTI en la página web: [www.cdtioficial.es](http://www.cdtioficial.es)

### ESPAÑA LIDERARÁ LA INFRAESTRUCTURA MEDIOAMBIENTAL EUROPEA LIFEWATCH

- Sevilla acogerá la sede del proyecto.
- La coordinación y la gestión de la e-infraestructura TIC asociada se hará desde España.

El Consejo de Ministros ha aprobado la suscripción del convenio entre el Ministerio de Economía y Competitividad, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) y la Junta de Andalucía para la puesta en marcha de la Infraestructura Virtual Europea de Ciencia y Tecnología para la Biodiversidad e Investigación de los Ecosistemas "LifeWatch ERIC". España albergará la sede —que se ubicará en Sevilla— y coordinará y gestionará la e-Infraestructura TIC asociada.

España liderará esta infraestructura de investigación internacional, para la protección, gestión y uso sostenible de la biodiversidad. En el proyecto participan como miembros fundadores, además de España, Bélgica, Eslovenia, Grecia, Holanda, Italia, Portugal y Rumanía. Otros nueve estados participan inicialmente como observadores. LifeWatch forma parte de una de las iniciativas del Foro Estratégico Europeo sobre Infraestructuras Científicas (ESFRI, por sus siglas en inglés), siendo una de las instalaciones científico-técnicas que Europa debe construir para mantener su competitividad.

## ESPAÑA LIDERARÁ LA INFRAESTRUCTURA MEDIOAMBIENTAL EUROPEA LIFEWATCH (CONTINUACIÓN)

### Objetivos:

LifeWatch aglutinará y gestionará infraestructuras científicas con un presupuesto inicial de 64 millones de euros –aportados por los países participantes–, que podrá ampliarse a medida que se sumen nuevos estados miembros. Se establecerá además una plataforma informática que permitirá a los investigadores, gestores medioambientales y ciudadanos interesados compartir conocimientos, acceder a bases de datos remotas relacionadas con redes de sensores, parámetros abióticos y bióticos, garantizando su interoperabilidad, así como la utilización de laboratorios virtuales en los que se consideren diversos escenarios de cambio global para estudiar su impacto sobre la biodiversidad y que ayuden a la toma de decisiones medioambientales.

### Financiación

El Ministerio de Economía y Competitividad, a través de la Secretaría de Estado de I+D+i, ha invertido 7,5 millones de euros para la puesta en marcha de una parte de las infraestructuras tecnológicas necesarias para el funcionamiento de LifeWatch. En particular, mediante la adaptación de Reserva Biológica de Doñana (ICTS-RBD), a fin de dar un soporte a esta Infraestructura de Investigación.

La contribución económica española anual será de medio millón de euros, que aportará el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente a través de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, y la Junta de Andalucía. Con su participación en esta infraestructura, España pondrá en valor las infraestructuras de e-Ciencia existentes en su territorio. La cantidad total aportada en especie por las tres instituciones españolas en los próximos cinco años será de 23,5 millones, de los que la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir aporta 8 millones y la Junta de Andalucía otros 8 millones.

## INDUSTRIA Y ECONOMÍA IMPULSAN LA I+D+I DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES Y LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN

- En una jornada para empresas varios expertos explican los programas de ayudas destinados al sector TIC y de los contenidos digitales.
- El fomento de la inversión en I+D+i y la incorporación de las TIC en las PYME es uno de los objetivos de la Agenda Digital para España.

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo ha acogido una jornada informativa sobre los diferentes programas de ayudas al sector TIC y de los contenidos digitales para 2016. Esta jornada se enmarca dentro del convenio de colaboración para el sector TIC suscrito entre el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y el Ministerio de Economía y Competitividad en octubre de 2014.

El secretario de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI), Víctor Calvo-Sotelo, ha destacado “que la cooperación entre las administraciones públicas es fundamental para aumentar la eficiencia y eliminar redundancias y señalar que este convenio, que ha permitido sentar las bases de la primera mesa del día de hoy, no es sino consecuencia de la transversalidad que tiene el sector TIC y de contenidos digitales a todos los ámbitos de nuestra economía, sociedad y cultura”.

La secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, Carmen Vela ha destacado la importancia de las TIC en todas las ayudas de I+D+i. “Mientras que el 9,2% del total de proyectos para I+D+i financiados están incluidos en el Reto 7, el de Economía y Sociedad Digital, se estima que un 80% de los proyectos presentados a los demás retos tuvo un componente TIC relevante”, ha afirmado. Además, ha resaltado la estrecha relación con la que trabajan ambas secretarías de Estado.

La secretaria General de Industria, Begoña Cristeto, ha resaltado la importancia del sector TIC para la Industria, “el sector TIC es un sector estratégico 100% para la Industria, el objetivo que perseguimos es incrementar la industria como sector productivo del 13 al 20% y la manera de conseguirlo es subirse a la cuarta revolución industrial”.

Se han celebrado dos mesas redondas, la primera relativa a los diferentes Programas de ayudas a la I+D del 2016 dirigidas al sector TIC y de los contenidos digitales donde se han explicado las Ayudas I+D+i de la Agenda Digital para España, la convocatoria retos colaboración de la Secretaría de Estado de Innovación y las ayudas del CDTI. Además, se ha celebrado una segunda mesa técnica donde se han explicado otro tipo de programas de ayudas para el sector TIC y de los contenidos digitales como las líneas ENISA, las ayudas al Cloud Computing de Red.es, las ayudas al personal investigador de la Secretaría de Estado de Innovación y las ayudas para la modernización e innovación de las industrias culturales y creativas mediante proyectos digitales y tecnológicos de Cultura.



### EL CDTI Y N+1 ACTIVAN UN FONDO DE 400 MILLONES PARA EMPRESAS TECNOLÓGICAS

- El objetivo del fondo de private equity es apoyar el crecimiento e internacionalización de empresas tecnológicas e industriales de mediana capitalización.
- Inversores privados, el Banco Europeo de Inversiones y el Fondo Europeo de Inversiones aportarán 300 millones.
- Es el mayor fondo de capital privado español destinado a empresas tecnológicas e industriales.

El Ministerio de Economía y Competitividad ha activado a través del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y la gestora N+1 un fondo de private equity de 400 millones de euros para empresas tecnológicas e industriales. El CDTI, a través del programa Innvierte, ejerce de inversor ancla con una aportación de 100 millones de euros. Los 300 millones restantes proceden de inversores privados nacionales e internacionales, del Banco Europeo de Inversiones y del Fondo Europeo de Inversiones.

Culminada la fase de captación de inversores iniciada el pasado mes de julio, el fondo que se activa se denominará N+1 Private Equity Fund III. La estrategia de inversión del fondo estará centrada en empresas tecnológicas e industriales, convirtiéndose en el mayor fondo español con una estrategia clara industrial. Las inversiones del fondo oscilarán entre los 35 y 75 millones de euros y apoyarán los procesos de crecimiento e internacionalización de pymes y empresas de mediana capitalización (midcaps) españolas con capacidades tecnológicas e industriales y elevado potencial. Aunque no hay una limitación sectorial, el fondo podrá abordar inversiones en sectores como el de la salud, agroalimentario, equipamiento electrónico y mecánico, información y comunicaciones, automoción, aeroespacial y materiales de transporte y energía.

#### Innvierte

El CDTI, a través del programa Innvierte, persigue fomentar la inversión privada en empresas tecnológicas e innovadoras para ayudarlas en su crecimiento. Para ello, selecciona iniciativas especializadas en ámbitos tecnológicos en los que se detecta una insuficiencia de inversión privada. Los compromisos de Innvierte van acompañados de compromisos privados que son mayoritarios en cada vehículo de inversión.

Desde su constitución en 2012, Innvierte ha invertido en 12 fondos y mantiene tres acuerdos de coinversión con estrategias de inversión especializadas en ámbitos tecnológicos como Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Ciencias de la Vida, Tecnologías industriales y Energía y Medio Ambiente. El compromiso de inversión de Innvierte en estos fondos es de 240 millones de euros, de los que ya ha invertido 104,5 millones de euros en 87 pymes innovadoras.

Con estos vehículos se cubre un rango amplio de las fases de crecimiento de las empresas, desde la fase semilla ligada a la transferencia de conocimiento desde organismos de investigación a fases tempranas de arranque, crecimiento y consolidación de start ups. Con el nuevo vehículo de inversión se trata de cubrir las necesidades de pymes y micaps consolidadas y con planes de expansión fundamentalmente a nivel internacional.

#44

### AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas asfálticas pueden incorporar ligantes modificados in situ con polvo de caucho y polímeros, aportando prestaciones y durabilidad” (Art. Rehabilitación de firmes con betunes modificados in situ con pNFU y polímeros. Viales Pto de Hueva", número 20)

#INGENIERÍA

# Noticias del sector

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

## Éxito del Primer Foro Nacional de Compra Pública de Innovación en el sector de la carretera

El pasado 3 de marzo de 2016, la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC) celebró, en las instalaciones del Ministerio de Economía y Competitividad (Mineco), el Primer Foro Nacional de Compra Pública de Innovación (CPI) en el sector de la carretera.

Durante la jornada se mostraron numerosos casos prácticos, que sirvieron a los más de setenta asistentes para identificar los elementos fundamentales de la CPI, así como las rémoras más habituales a la hora de llevar a la práctica esta herramienta de fomento de la innovación.

Manuel Varela, director de la Agencia Gallega de Innovación, y Benigno Rosón, subdirector general de Sistemas y Tecnología de la Información del Servicio Galego de Saúde (Sergas), expusieron cómo la CPI en el sector de la salud está sirviendo para que la tecnología ayude a que la población gallega tenga mejores servicios y aumente su calidad de vida, al tiempo que se crea tejido empresarial y avances en la economía. Por su parte, el jefe de Servicio de Planeamiento, Proyectos y Obras de la Demarcación de Carreteras del Estado en Galicia, Fernando Díez, relató cómo se está llevando a cabo la implantación de la CPI en el caso del problema de nieblas que se generan en un tramo de la A8 en la provincia de Lugo. Para finalizar, Miguel Ortiz, del Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), habló de la CPI a nivel europeo dentro del Programa H2020 y en particular la PCP y la PPI.

## Madrid acogerá el II InterCILA en 2016

Madrid acogerá, el próximo día 7 de junio, la segunda edición de interCILA. El evento se realizará bajo auspicio de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) y la Asociación Ibero Latinoamericana del

Asfalto (AILA). La iniciativa responde a la necesidad de cubrir el vacío bienal entre cada edición del Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto (CILA) mediante actividades y reuniones sectoriales que actualicen los desarrollos e investigaciones que se producen en materia de asfalto y pavimentación en la región iberolatinoamericana.

El próximo interCILA 2016 será concebido como una reunión internacional sobre pavimentación asfáltica, con el español como lengua oficial y con las tecnologías digitales como soporte fundamental: será retransmitida en streaming e integrará el debate generado en redes sociales.

El I InterCILA, celebrado en Madrid el 25 de junio de 2014, fue seguido por 352 participantes, de los cuales: 72,5% optaron por el seguimiento vía streaming. En el debate online, medido a partir del uso del hashtag #interCILA en Twitter, intervinieron 121 usuarios que generaron 2.081 tweets y 5.727.579 impresiones.

## XII Premio Nacional ACEX

La Asociación de Conservación y Explotación de Infraestructuras (Acex) organiza una nueva edición del Premio Nacional ACEX a la Seguridad en Conservación, cuyo plazo de presentación de candidaturas concluyó el pasado día 29 de abril. El premio consta de dos categorías, asociados y general. Esta última está dotada con 3.000 euros, además del reconocimiento en prensa para ambas. El fallo del jurado, compuesto por expertos del sector del Ministerio de Fomento, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Dirección General de Tráfico, Universidad y medios de comunicación, se conocerá el día 18 de mayo, durante un acto que tendrá lugar en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

El Premio Nacional Acex constituye un evento de referencia en el sector de la conservación, que cuenta con

una enorme acogida entre sus profesionales y una gran repercusión mediática. Estos premios son un reconocimiento anual por los méritos y esfuerzos de todos aquellos trabajadores, empresas y administración, que vienen desarrollando actividades con destacadas consecuencias positivas.

### **Asefma convoca la tercera edición del Premio Mejores Prácticas Ambientales (MPA)**

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) lanza la tercera edición del Premio a las Mejores Prácticas Ambientales (MPA) en el ámbito de la pavimentación asfáltica, con el que se reconocen aquellas propuestas innovadoras y amigables con el medio que incorporen mezclas bituminosas.

Pueden concurrir proyectos de investigación y prácticas implantadas durante los últimos dos años que presenten mejoras ambientales contrastadas en el ámbito de la fabricación y puesta en obra de mezclas asfálticas. El jurado, formado por los miembros del Comité Técnico de ASEFMA, seleccionará las mejores prácticas en materia de innovación y sostenibilidad medioambiental que se están desarrollando en este 2016 en el sector del asfalto atendiendo a los criterios de originalidad, innovación, repercusión en el sector y mejoras ambientales evaluadas. También valorará la presentación de la práctica, el material gráfico aportado y la memoria de proyecto. La entrega del premio tendrá lugar durante la XI Jornada Nacional de Asefma.

### **Altos cargos europeos reconocen la necesidad de adoptar medidas para asegurar la conservación viaria**

La Federación Europea de Carreteras (ERF, por sus siglas en inglés) reunió a cerca de sesenta altos cargos europeos de la industria y la política en una sesión informativa sobre gestión de infraestructuras de carreteras (Road Asset Management, RAM). El encuentro tuvo lugar en el propio Parlamento Europeo, bajo el auspicio de la Comisión de Transportes y la organización de la europarlamentaria alemana Gesine Meissner.

Christophe Nicodème, director general de ERF, fue el encargado de abrir el evento insistiendo en la importancia del sector del transporte en Europa y de gestionar adecuadamente uno de sus activos esenciales: la carretera. Por su parte, Meissner, durante su intervención inaugural refirió a la función esencial de la red viaria europea y subrayó su relevancia como enlace intermodal de transportes.

Durante su exposición, el secretario general de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC), Jean-François Corté, quiso destacar la preocupante degradación de las carreteras debido a su inadecuada conservación. "La disminución de la inversión en mantenimiento viario está llevando a una seria degradación del sistema de transporte por carretera", expresó. Corté habló de la necesidad de un enfoque plurianual en la gestión del patrimonio viario, lo que según sus palabras podría significar "*ahorro para las administraciones e incentivos para los contratistas*".

En la sesión informativa de la Federación Europea de Carreteras también fueron presentadas buenas prácticas y experiencias en gestión de infraestructuras viarias en Reino Unido, Alemania, Países Bajos y Dinamarca. Intervinieron Yann Lefeuvre, de Highways Term Maintenance Association; Stefan Gerwens, de Pro Mobilitaet; Roos Meilink, de Interprovinciaal Overleg, y Bjarne Bylov Jensen, de Grontmij.

No faltó ocasión para el debate entre todos los participantes a la jornada, en el que se abordó el beneficio de crear una Agencia Europea de las Carreteras para impulsar un óptimo enfoque estratégico sobre mantenimiento viario y se coincidió en la necesidad de adoptar nuevas medidas para solventar las limitaciones financieras actuales.

La europarlamentaria Meissner clausuró el evento subrayando su apoyo a la red de carreteras de la UE y agradeciendo a la ERF que hayan logrado situar sus principales necesidades en la agenda política.

### **Manifiesto de ACEA por la conducción automatizada**

La European Automobile Manufacturers Association (ACEA) informa que la conducción conectada y automatizada revolucionará la movilidad en el plazo de unos pocos años. Las nuevas soluciones de movilidad son más limpias, más seguras y más centradas en el consumidor que ninguna

otra, además de contribuir a crear nuevas áreas de negocio para la industria del automóvil, lo que traerá beneficios económicos para la sociedad en general. La llegada de nuevas áreas de negocio cambiará los modelos tradicionales de automoción. Los fabricantes se convertirán en proveedores de soluciones de movilidad innovadoras, en lugar de limitarse a la producción de vehículos.

El consumo de combustible —y con ello, las emisiones de CO<sub>2</sub>— se reducirán; el tráfico será aún más seguro y las carreteras podrán ser utilizadas de manera más eficaz. Estos desarrollos mejorarán el acceso a la movilidad para los ancianos y las personas con discapacidad, o aquellos que viven en áreas remotas como el campo.

Es importante distinguir entre automatización y conectividad. Los vehículos conectados pueden intercambiar información con otros vehículos y la infraestructura, con el fabricante del vehículo y los proveedores de servicios de terceros. Por su parte, los vehículos automatizados asumen funciones relacionadas con control y la seguridad crítica sin la intervención directa del conductor. Ambas características son complementarias y se refuerzan entre sí en el medio y largo plazo.

## Seguridad vial: las estadísticas aconsejan redoblar los esfuerzos para salvar vidas en las carreteras europeas

Las estadísticas de 2015 sobre seguridad vial, publicadas por la Comisión Europea el pasado día 31 de marzo, confirman que las carreteras europeas siguen siendo las más seguras del mundo, a pesar de la ralentización en la reducción del número de accidentes mortales. El pasado año perdieron la vida en las carreteras de la UE 26.000 personas, 5.500 menos que en 2010. En comparación con 2014, sin embargo, la situación no ha mejorado. Por otro lado, según estimaciones de la Comisión, el número de heridos graves por accidentes de tráfico en la UE ascendió a 135.000. Se considera que el coste social (rehabilitación, atención sanitaria, daños materiales, etcétera) de los accidentes mortales y con heridos asciende, como mínimo, a 100.000 millones de euros.

La comisaria europea de Transportes, Violeta Bulc, explica que, "a lo largo de las últimas décadas, hemos obte-

nido impresionantes resultados en la reducción de los accidentes de tráfico con víctimas mortales, pero el estancamiento actual es alarmante. Si Europa quiere alcanzar su objetivo de reducir las muertes en carretera de aquí a 2020, es necesario hacer mucho más. Insto a los Estados miembros a que intensifiquen su labor coercitiva y de sensibilización. Esto puede tener un coste, pero ese coste es insignificante frente a los 100.000 millones que cuestan a la sociedad los accidentes de tráfico mortales y con heridos. La Comisión, por su parte, va a seguir actuando en los casos en que pueda aportar un valor añadido europeo claro. La tecnología y la innovación determinan cada vez más el futuro de la seguridad vial. A medio y largo plazo, la conducción automatizada y conectada, por ejemplo, presenta un potencial enorme de prevención de las colisiones, y estamos haciendo todo lo que está en nuestras manos para establecer el marco correcto".

En 2015, se contabilizaron en la UE 51,5 víctimas mortales en accidentes de tráfico por millón de habitantes, lo que equivale a una tasa de mortalidad similar a la de los dos años anteriores. Esa ralentización, que sigue a una reducción significativa del 8 % en 2012 y 2013, se debe a toda una serie de factores, en particular la mayor interacción, en la ciudad, entre los usuarios de la vía pública motorizados y los que no están protegidos. Los usuarios vulnerables de la vía pública (peatones, ciclistas, etc.) representan también un alto porcentaje de las 135.000 personas que, según la Comisión, resultaron heridas por accidentes de tráfico. Esta es la primera vez que la Comisión publica cifras sobre heridos graves por accidentes de tráfico, ya que los Estados miembros de la UE han empezado a comunicar datos fiables y comparables al respecto. Se trata del primer paso hacia un enfoque europeo en relación con las lesiones graves.

Las estadísticas por países muestran que el número de víctimas mortales de accidentes de tráfico sigue variando mucho de un Estado miembro a otro, aunque esas disparidades disminuyen de año en año. Algunos de los países que suelen registrar los mejores resultados avanzaron más lentamente, mientras que la situación mejoró en tres de los Estados miembros con el mayor número de muertes en carretera.

Para alcanzar el objetivo estratégico de la UE de reducir a la mitad el número de víctimas mortales en la carretera entre 2010 y 2020, es preciso realizar esfuerzos adicionales. A este



respecto, el papel principal corresponderá a los Estados miembros, ya que la mayoría de las acciones cotidianas se desarrollan a nivel nacional y local: hacer cumplir el código de la circulación, construir y mantener las infraestructuras y realizar campañas de educación y sensibilización. La Comisión Europea interviene cuando existe un claro valor añadido de la UE, por ejemplo promulgando legislación que permita la represión de infracciones de tráfico transfronterizas o estableciendo normas técnicas de seguridad para infraestructuras y vehículos. La Comisión realiza un seguimiento activo de la situación y anima y ayuda a los Estados miembros a mejorar sus resultados mediante el intercambio de información, conocimientos, experiencia y mejores prácticas.

En la última década, los avances tecnológicos han permitido reforzar considerablemente la seguridad de los vehículos. Esos importantes progresos en la innovación y la tecnología, en particular en el ámbito de la automatización y la conectividad de los vehículos, podrán mejorar la seguridad vial en el futuro. Para preparar el camino hacia la automatización y la mejora de la gestión del tráfico, la Comisión se propone elaborar, en el segundo semestre de 2016, un plan maestro para el despliegue de sistemas de transporte inteligente cooperativos, que permiten una comunicación bidireccional entre vehículos, así como con y entre las infraestructuras viarias. Gracias a esos sistemas, los vehículos pueden enviarse entre sí mensajes de advertencia, bien directamente (por ejemplo, en caso de frenado de emergen-

cia), bien a través de las infraestructuras (por ejemplo, al aproximarse a obras viarias).

### **Asefma relanza su colección de estudios monográficos sobre mezclas asfálticas**

Asefma anuncia el relanzamiento de una colección que agrupa las ediciones impresas de sus doce primeras monografías técnicas. Los primeros estudios monográficos promovidos por esta asociación, vinculados a la fabricación, extendido, aplicación y transporte de mezclas asfálticas están disponibles en una colección impresa de edición limitada. La entidad que agrupa los fabricantes de asfalto españoles y lidera la promoción de la I+D en el sector relanza sus doce primeras monografías técnicas y las presenta dentro de una caja portadocumentos de 30,5 x 21,5 forrada con pliego impreso estucado plastificado.

El precio de venta al público es de 500 €. Los socios de Asefma se benefician de un descuento del 50%. La reserva de este paquete promocional puede realizarse mediante correo electrónico a la secretaría técnica ([asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)) o en el teléfono 911 293 660. Asefma también anuncia que próximamente estará disponible una versión digitalizada en soporte DVD cuyo precio de venta al público será de 350 € (100 € para socios de la entidad).

#45

## AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

**“Las estructuras con firmes asfálticos pueden ser construidas para durar indefinidamente con una conservación periódica de la capa superficial” (Editorial, número 20)**

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE

# Calendario de eventos

## AÑO 2016

|                                              |                                                                                                       |                                                                                                               |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-3 de junio<br>EAPA - Eurobitume            | 6 <sup>th</sup> Euroasphalt&Eurobitume Congress                                                       | Praga (Chequia)<br><a href="http://www.eapa.org/events">www.eapa.org/events</a>                               |
| 7 de junio<br>ASEFMA                         | II InterCILA                                                                                          | Madrid (España)<br><a href="http://www.asefma.es">www.asefma.es</a>                                           |
| 7-9 de junio<br>RILEM                        | 8 <sup>th</sup> RILEM International conference on 'Mechanisms of Cracking and Debonding in Pavements' | Nantes (Francia)<br><a href="http://mcd2016.sciencesconf.org/">//mcd2016.sciencesconf.org/</a>                |
| 18-21 de julio<br>Western Research Institute | ISAP 2016 Symposium                                                                                   | Jackson Hole, Wyoming (EEUU)<br><a href="http://www.isap2016symposium.org">www.isap2016symposium.org</a>      |
| 28-30 de septiembre<br>FGSV                  | Deutscher Strassen-und Verkehrskongress 2016                                                          | Bremen (Alemania)<br><a href="http://www.fgsv.de">www.fgsv.de</a>                                             |
| 11-14 de octubre                             | National Pavement Preservation Conference                                                             | Nashville, Tennessee (EEUU)<br><a href="http://www.nationalpavement2016.org">www.nationalpavement2016.org</a> |
| 16-19 de octubre<br>IALCEE                   | Fifth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering. IALCEE 2016                            | Delf (Holanda)<br><a href="http://www.ialcee2016.org">www.ialcee2016.org</a>                                  |
| 18-20 de octubre<br>AEC                      | V Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (CISEV)                                                  | Santiago de Chile (Chile)<br><a href="http://www.aecarretera.com">www.aecarretera.com</a>                     |
| 18-20 de octubre<br>ERF                      | 1 <sup>st</sup> European Roas Infrastructure Congress                                                 | Leeds (Reino Unido)<br><a href="http://www.eric2016.eu">www.eric2016.eu</a>                                   |
| 20 de octubre<br>ATEB                        | III Jornada Nacional de ATEB                                                                          | Madrid (España)<br><a href="http://www.ateb.es">www.ateb.es</a>                                               |
| 1-4 de noviembre<br>IBEF                     | 6 <sup>th</sup> International Symposium on Asphalt Emulsion Technology, ISAET'16                      | Arlington, Virginia (EEUU)<br><a href="http://www.aema.org">www.aema.org</a>                                  |

## AÑO 2017

|                                           |                                                                                                |                                                                                                 |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8-12 de enero<br>TRB                      | TRB 96 <sup>th</sup> Annual Meeting                                                            | Washington DC (EEUU)<br><a href="http://www.trb.org">www.trb.org</a>                            |
| 23-26 de enero<br>ISSA                    | Slurry Systems Workshop                                                                        | Las Vegas, Nevada (EEUU)<br><a href="http://www.slurry.org">www.slurry.org</a>                  |
| 29 de enero - 1 de febrero<br>NAPA        | NAPA Annual Meeting                                                                            | Orlando, Florida (EEUU)<br><a href="http://www.asphaltpavement.org">www.asphaltpavement.org</a> |
| 14-17 de febrero<br>AEMA-ISSA-ARRA        | AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting                                                                  | Tucson, Arizona (EEUU)<br><a href="http://www.aema.o">www.aema.o</a>                            |
| 7-11 de marzo<br>CONEXPO                  | CONEXPO                                                                                        | Las Vegas, Nevada (EEUU)<br><a href="http://www.conexpoconagg.com">www.conexpoconagg.com</a>    |
| 12-14 de junio<br>EATA                    | 7 <sup>th</sup> EATA Conference                                                                | Dübendorf (Suiza)                                                                               |
| 12-16 de junio<br>Politecnico Milano 1863 | WCPAM 2017. World Congress on Pavement and Asset Management                                    | Milán (Italia)<br><a href="http://www.wcpam2017.com">www.wcpam2017.com</a>                      |
| 28-30 de junio<br>BCRRA                   | 10 <sup>th</sup> International Conference on Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields | Atenas (Grecia)<br><a href="http://www.bcrra2017.com">www.bcrra2017.com</a>                     |

## AÑO 2018

|                                    |                               |                                                                                                      |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11-14 de febrero<br>NAPA           | NAPA Annual Meeting           | San Diego, California (EEUU)<br><a href="http://www.asphaltpavement.org">www.asphaltpavement.org</a> |
| 20-23 de febrero<br>AEMA-ISSA-ARRA | AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting | Indian Wells, California (EEUU)<br><a href="http://www.aema.o">www.aema.o</a>                        |

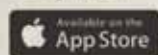
# La forma más fácil de trabajar con betunes asfálticos



Nueva aplicación gratuita para Smartphone ditecpesa para todo aquel interesado en el mundo de los betunes asfálticos y pavimentos, la forma más fácil de trabajar con betunes asfálticos. Haz tus pedidos con un solo clic, recibe los mejores descuentos el primero, consulta la información técnica en la biblioteca y recibe todas las noticias y novedades del sector. ¡En tú bolsillo!

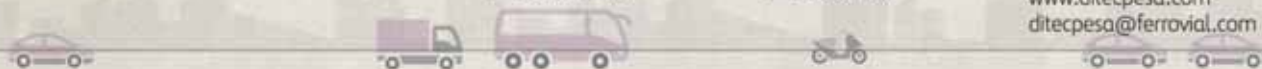
Ditecpesa es una empresa global dedicada a la comercialización y fabricación de betunes asfálticos, betunes modificados y emulsiones.

Descárgatela en:



## ditecpesa

www.ditecpesa.com  
ditecpesa@ferrovial.com







**Porque...  
te permite **DESCUBRIR**  
lugares inaccesibles**

Los pavimentos asfálticos son  
**LOS DE MÁS RÁPIDA EJECUCIÓN**  
y con las diversas técnicas de  
puesta en obra pueden emplearse  
en cualquier tipo de trazado

**06  
2016**

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

**JUNIO 2016**

Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas 

[f/asfma](#) [@asfma\\_es](#) [/company/asfma](#)

| 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 | 28 | 30 |    |    |    |



**Porque...  
se integra en la  
**NATURALEZA****

El asfalto puede ser coloreado  
y texturado para obtener  
**TERMINACIONES** de aspecto  
incluso terroso que resultan  
**ABSOLUTAMENTE  
RÚSTICAS Y NATURALES**

**07  
2016**

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

**JULIO 2016**

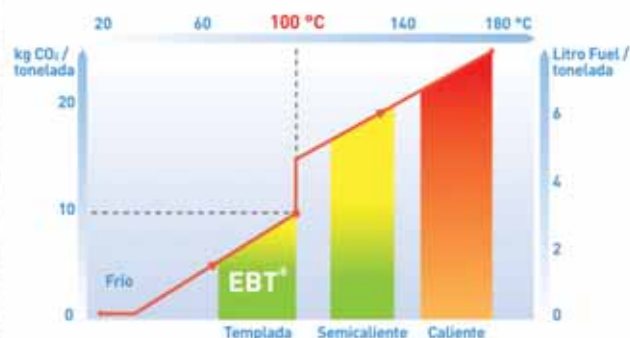
Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas 

[f/asfma](#) [@asfma\\_es](#) [/company/asfma](#)

| 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 |



Con las Mezclas Templadas con Betún,  
el código de la circulación ha cambiado.



### Mezclas Templadas con Betún, una nueva generación de mezclas asfálticas

Para un futuro más responsable, Eiffage Infraestructuras ha desarrollado las mezclas templadas con betún. Fabricada a menos de 100 °C y aplicada hasta 75 °C, esta mezcla templada a baja temperatura posee cualidades excepcionales :

- un consumo de energía dos veces inferior al de una mezcla convencional,
- una disminución del 50 % de las emisiones de gas de efecto invernadero,
- un confort de aplicación inigualable.

Premio Mundial AIPCR 2007  
del desarrollo sostenible

[www.infraestructuras.eiffage.es](http://www.infraestructuras.eiffage.es)

**EIFFAGE**  
INFRAESTRUCTURAS

**RUS**  
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

**TRIALSA**  
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

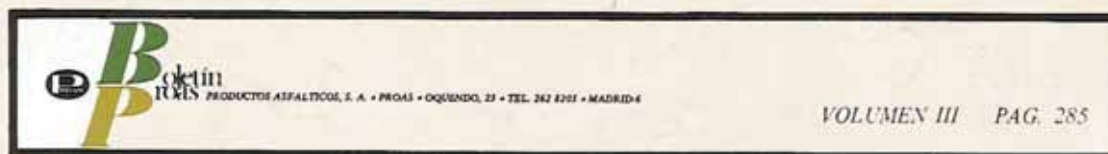
**PANASFALTO**  
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

**LOS SERRANOS**



# Mirando al pasado

Documento publicado en julio-octubre de 1979.



## COMENTARIO DE ACTUALIDAD

Durante los días 17 al 22 de septiembre del corriente año, se ha celebrado en Viena el XVI Congreso Mundial de la Carretera, organizado por la AIPCR (Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Carreteras). Este Congreso, como todos los que, cada cuatro años, celebra esta Organización, ha presentado a los asistentes un estudio completo del estado de la cuestión carreteras en todos los países del mundo, que suelen ser siempre del más alto interés, aunque en esta ocasión, por las características especiales del momento en que nos encontramos, quizás haya resultado más interesante de lo habitual.

La afirmación más importante de las contenidas entre todo lo que se ha dicho en el Congreso puede resumirse con: sigue:

"Las dificultades económicas por las que atraviesa todo el mundo y el encarecimiento creciente de los materiales para construcción de carreteras aconsejan esmerarse en las nuevas construcciones para conseguir una calidad lo más elevada posible, de forma que se disminuyan las necesidades de conservación de carreteras. La conservación debe ser diligente, es decir, deben corregirse los defectos tan pronto como aparezcan porque, de no hacerlo así, los costos de corrección de las averías crecen enormemente. Por otra parte, la conservación no debe descuidarse jamás ya que esto constituiría el motor de los derroches".

Verdades indiscutibles y que no constituyen precisamente una novedad. Yo no conozco ningún tratado romano de administración de carreteras, pero estoy seguro de que, si existiera, las anteriores afirmaciones entrecomilladas figurarían en su primera página rodeadas por una preciosa orla de acanto. Son verdades de Perogrullo pero es bueno que se repitan ahora porque todos somos conscientes de que en muchos casos se olvidan, o sin olvidarlas, se hace caso omiso de ellas por inconsciencia o incapacidad de los gobernantes, o por la falta de poder de convicción y capacidad de comunicación entre los técnicos que siempre las recuerdan y los políticos que, por suerte o por desgracia, suelen ser quienes al final toman las decisiones económicas.

Mientras tanto, está en trámite de aprobación el Presupuesto Nacional para 1980 y las noticias que tenemos respecto a las consignaciones presupuestarias para carreteras nos hacen dudar entre la emigración a un país extranjero donde las cosas vayan un poco mejor, o el montaje de una fábrica de vehículos que, prescindiendo de las ruedas, utilicen aerodeslizadores, tipo de vehículo que, por no necesitar prácticamente pavimentos, tiene sin duda un gran futuro en nuestro país.

Toda la industria de la construcción está en una situación angustiosa, especialmente acentuada en las empresas dedicadas a construcción de carreteras, cuyas perspectivas para el año que viene no son, como acabamos de comentar, nada brillantes. Sólo cabe esperar que lo angustioso de la situación en las carreteras españolas dé lugar, dentro del año 1980, a que de alguna forma se habiliten fondos suplementarios para, por lo menos, conservar de una forma adecuada nuestras desgraciadas carreteras.





## Innovative Asphalt Chemicals

Especialistas en productos químicos y mejoras tecnológicas para la industria asfáltica global, con dedicación exclusiva y asesoramiento personalizado.

Total compromiso con la innovación y desarrollo de alternativas ecológicas.

Fabricación y suministro de Aditivos para mezclas bituminosas y ligantes asfálticos.

## Nosbur<sup>®</sup>

### Especialidades para aplicaciones asfálticas

**Fibras** de celulosa granulares, **Pigmentos de alto rendimiento** para mezclas en caliente, **Ligante sintético** granular, **ECO-aditivo** para la fabricación de mezclas en frío ensacables, **Ceras**, **Espumantes** y **Tensoactivos** para la fabricación de mezclas Semicalientes, **Antiadherentes** y limpiadores de base vegetal (alternativos al gasóleo), **Activantes de adhesividad** (activa y pasiva), **Asfalto natural** y **Endurecedores**, **Acidificantes**, **Rejuvenecedores (RAP)**, **Polímeros**, **Estabilizantes**, **Caucho NFU** y resinas, aditivo **Antihielo**, **Emulgentes**, dispersiones **SBR (Látex)**, **Solventes ecológicos**, revestimientos **Antiqueroseno**, **Pinturas** decorativas resistentes al tráfico, **sistemas para Impresión** de pavimentos, tratamientos **Protectores** de gran desempeño, **Estabilizantes** para suelos, tratamientos **Antipolvo**...



Grupo  
**Campi y Jové**  
Dept. Asfáltica

c/ Venezuela, 103 • 08019 BARCELONA • Tel. +34 934 769 220 • [carreteras@cyjjsa.com](mailto:carreteras@cyjjsa.com) • [www.cyjgroup.com](http://www.cyjgroup.com)  
ESPAÑA • ARGELIA • FRANCIA • HOLANDA • MARRUECOS • POLONIA • PORTUGAL • RUMANIA • TUNEZ

También presentes en ARGENTINA • BOLIVIA • BRASIL • COLOMBIA • CHILE • GUATEMALA • PARAGUAY • PERU

# Lecturas recomendadas

## ***Informe NCHRP 817 "Validation of Guidelines for Evaluating the Moisture Susceptibility of WMA Technologies" TRB . Marzo 2016. 43 pp.***

El Proyecto NCHRP 9-49, que se completó en 2013, desarrolló las directrices de diseño y control de calidad para las mezclas semicalientes para identificar y minimizar cualquier posibilidad de susceptibilidad a la humedad. Las directrices se presentaron en el informe NCHRP 763 en forma de un diagrama de flujo de acondicionamiento, protocolos y una selección de diferentes métodos de ensayo estándar, así como los umbrales correspondientes que, en primer lugar, permiten evaluar la potencial susceptibilidad a la humedad de un diseño de laboratorio de mezcla semicaliente o de una mezcla de obra para, posteriormente, recomendar soluciones para minimizar dicha susceptibilidad. Los umbrales de los ensayos específicos se basan en los resultados de las pruebas de mezclas semicalientes en obras en Iowa, Montana, Nuevo México y Texas. El objetivo del proyecto NCHRP 9-49B fue validar y revisar, si fuese necesario, los umbrales de las directrices desarrolladas en NCHRP Proyecto 9-49. La investigación fue realizada por el Instituto de Texas A & M Transporte, College Station, Texas. La investigación se basó en una encuesta a los Departamentos y contratistas de pavimentación para identificar mezclas semicalientes de los que hubiese información sobre el diseño y los datos de control de calidad de la mezclas, incluyendo resistencias a la tracción indirecta (ITS) en húmedo, relaciones de resistencia a la tracción, módulos resilientes en húmedo, y datos de ensayo de pista con la rueda de Hamburgo.

<http://www.trb.org/Main/Blurbs/173821.aspx>



## ***Guía para inspectores. Bacheo formal con mezclas asfálticas en caliente. Diciembre 2014. PITRA. 48 pp.***

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica, LanammeUCR, desarrolló una guía de bacheo, con el fin de ayudar a mejorar los procedimientos que se llevan a cabo en las actividades de bacheo actualmente en el país. La guía "Bacheo Formal con Mezcla Asfáltica en Caliente", está dirigida a los inspectores del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) y fue elaborada por la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA). El contenido de la guía de bacheo, tiene como objetivo proporcionar una herramienta para los inspectores de campo, encargados de ejecutar las labores de bacheo formal con mezcla asfáltica en caliente.

<http://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/banners%20frontpage/Guia%20para%20inspectores.pdf>

## ***Informe: "Buying green. A handbook on Green public procurement. 3ª edición. Comisión Europea. Abril 2016. 80pp.***

Este manual es un documento de orientación de la Comisión Europea para ayudar a las autoridades públicas que compren bienes y servicios con un menor impacto ambiental. También es una referencia útil para los responsables políticos y las empresas que responden a las licitaciones con valoración de los criterios ambientales. La tercera edición del Manual incluye orientación sobre cómo las consideraciones medioambientales pueden incluirse en cada etapa del proceso de contratación en el marco jurídico actual de la UE (adoptado en 2014) y ejemplos prácticos extraídos de los órganos de contratación en todos los Estados miembros de la UE.

[http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/handbook\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/handbook_es.pdf)





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

Los tiempos están cambiando  
**Entra en la web y regístrate**



**Lucía Miranda**

"Me parece una forma moderna y eficaz de acceder a los archivos del sector"



**Miguel Ángel del Val**

"Reconozco que inicialmente la idea me sorprendió, pero ahora estoy plenamente convencido"



**Ángel Sampedro**

"Es un camino nuevo al que me uno y animo a otros a que hagan lo mismo"

Ya hay **más de 5.000 usuarios**

# ¿A qué esperas?



[Acceder a mi cuenta](#)

[INICIO](#) • [SERVICIOS](#) • [EVENTOS](#) • [TIENDA](#) • [NOTICIAS](#) • [CONTACTO](#)

Español ▾



## Mayor impacto a través de las redes sociales

Antes, durante y después del evento

Desde la gestión de las redes sociales Facebook, Twitter y LinkedIn, **itafec** dará a conocer previamente, a toda su red de contactos, cuándo se va a realizar el evento, congreso o jornada, potenciando las inscripciones y la presencia en los medios de comunicación pero además, el evento no termina en la clausura



### Retransmisión Online

Visualización en directo en nuestro portal: con un solo click usted podrá asistir al evento desde cualquier parte del mundo

[MÁS INFORMACIÓN](#)

### Gestión y Coordinación

Itafec dispone de una pasarela de pago y TPV para facilitar las inscripciones desde cualquier lugar del mundo

[MÁS INFORMACIÓN](#)

### Comunicación

Por medio del gabinete de comunicación experto de Itafec lanzamos una campaña de información previa del evento

[MÁS INFORMACIÓN](#)

### Tienda de recursos

La grabación del evento genera unos archivos digitales que, junto a textos y presentaciones del evento, pueden ser alojados y comercializados en Itafec

[MÁS INFORMACIÓN](#)

## Noticias Recientes

[#XVII Congreso CILA, un ejemplo de gestión 2.0 con tiempos muy ajustados](#)

12 / 12 / 2013

La gestión del Social Media del XVII Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto (CILA) a tan solo 37 días del mayor evento del sector de las carreteras en Iberoamérica fue para ITAFEC una oportunidad pero, ante todo un gran reto...

## Agenda de Eventos

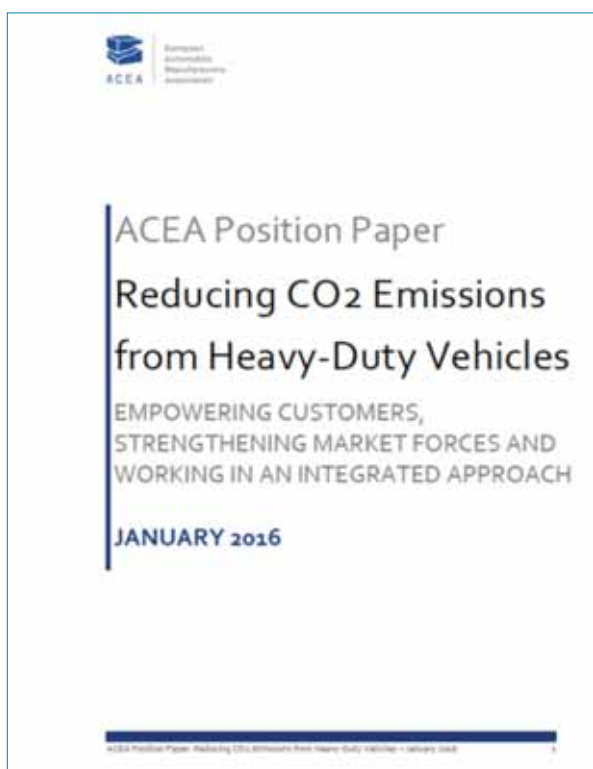
DICIEMBRE 2013

| Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     |     |     |     |     |     | 1   |
| 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |

# Lecturas comentadas:

## Informe ‘Reducing CO<sub>2</sub> emissions from heavy-duty vehicles’

En esta nueva sección, iniciada en el número 18, se van a tratar de analizar algunos textos que, consideramos, pueden tener un interés especial. No se solapa, en absoluto, con la sección inmediatamente anterior, Lecturas recomendadas, que tan sólo pretende informar de la aparición de nuevas publicaciones y en la que el comentario se limita a una reseña de pocas líneas. La extensión del comentario, en esta sección, será de aproximadamente dos páginas.



En este número se realizará el comentario al informe “Reducing CO<sub>2</sub> emissions from heavy-duty vehicles”, publicado en enero de 2016 por ACEA, European Automobile Manufacturers Association. ACEA representa a los fabricantes de Europa de automóviles, furgonetas, camiones y autobuses. Los grupos industriales miembros son BMW, DAF, Daimler, FCA (Fiat Chrysler), Ford, Hyundai, Iveco, Jaguar Land-Rover, Opel, PSA Peugeot Citroen, Renault, Toyota, Volkswagen, Volvo Car y Volvo. Además hay una serie de organizaciones asociadas de diferentes países (ANFAC por parte de España) y además, en la categoría “partner”, una

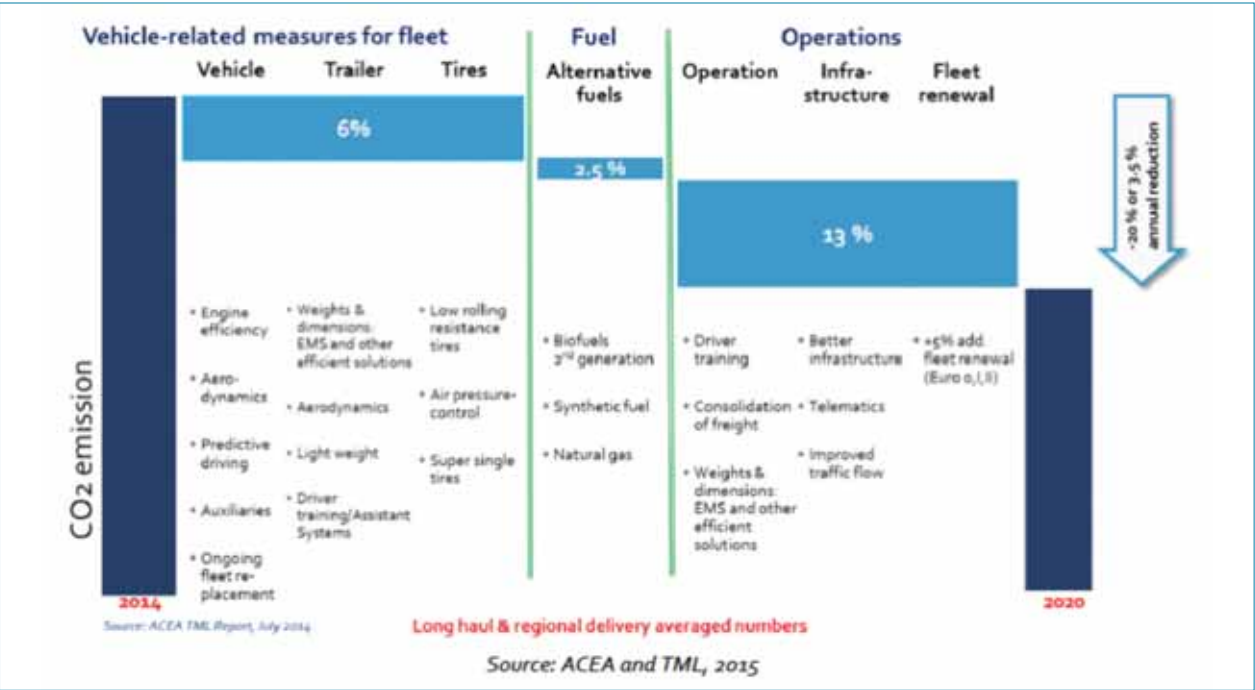
buena cantidad de instituciones internacionales, entre las que destaca EUROCAR (Consejo Europeo para la I+D de automoción), ERTICO (Intelligent Transport Systems-Europe), la FIA (Federación internacional del automóvil), etcétera.

El informe, de 15 páginas de extensión, aborda el desafío de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> vinculado con la industria del transporte de cargas por carretera. La industria del automóvil genera 12,1 millones de empleos directos e indirectos en Europa. En el año 2014 se produjeron 320.000 vehículos pesados en la Unión Europea.

Las emisiones asociadas con los vehículos pesados representan aproximadamente el 5% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de Europa. Considerando que estos vehículos pesados son los responsables del transporte de más del 75% de toda la carga terrestre en Europa, su participación en las emisiones totales de gases de efecto invernadero es relativamente pequeña. Los cambios producidos en la mejora de la eficiencia de la combustión en los motores



Informe ‘Reducing CO2 emissions from heavy-duty vehicles’



de estos vehículos ha permitido un ahorro de casi un litro de diésel por cada 100 km de tonelada transportada.

De acuerdo con un estudio reciente realizado por el Instituto de Investigación Transporte y Movilidad Leuven (TML) los fabricantes europeos de vehículos pesados esperan reducir el consumo de combustible un 20% en el periodo 2005-2020. Esto implica una reducción anual del 1,3%.

En el gráfico superior se muestran los factores adicionales que más pueden contribuir a una reducción significativa de las emisiones de CO2 en el trasporte de cargas por carretera. La combinación vehículo-trailer-ruedas puede llegar a reducir un 6% adicional y la búsqueda de combustibles alternativos hasta un 2,5%. Donde más se puede reducir es en el apartado denominado “Operation”, que integra: operaciones, infraestructuras y renovación de flotas. En este apartado se puede reducir hasta un 13%. Indudablemente en las infraestructuras se destaca una mejor infraestructura (entiéndase un mejor estado de regularidad de las carreteras), la incorporación de sistemas telemáticos y la mejora del flujo de tráfico.

En la tabla de la derecha se detallan y cualifican los ahorros potenciales en las emisiones de CO2 asociadas con el transporte de cargas por carretera en 2020, realizando una actuación global integrada y tomando como referencia las flotas de vehículos de 2014.

En base al trabajo del TML realizado en 2015, se podría reducir otro 20% en base a los conceptos descritos anteriormente. Analizando con más detalle en esta tabla la cuantificación de los criterios descritos en la gráfica anterior.

Este informe se puede descargar en la web: <http://www.acea.be/publications/article/position-paper-reducing-co2-emissions-from-heavy-duty-vehicles>

Assessment of total CO2 reduction potential for heavy-duty freight vehicles by 2020 via an integrated approach (fleet average values, reference year is 2014)

|                                |                             | Long haul                                                                                      | Regional delivery |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Vehicle                        | OEM                         | -1.3%                                                                                          | -1.6%             |
|                                | Other parties               | -0.3%                                                                                          | -1.3%             |
| Vehicle Total                  |                             | -1.6%                                                                                          | -2.9%             |
| Alternative Fuels              | Gaseous fuels               | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
|                                | Biofuel                     | -0.5%                                                                                          | -0.5%             |
| Alternative Fuels Total        |                             | -0.5%                                                                                          | -0.5%             |
| Vehicle Operation              | Driver training             | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
|                                | EMS                         | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
|                                | Speed reduction             | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
|                                | Improve load factors        | No reliable estimates found                                                                    |                   |
|                                | Cabotage                    | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
| Vehicle Operation Total        |                             | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
| Road Infrastructure Management | Rolling resistance pavement | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
|                                | Reduced inclination         | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
|                                | Improved flow               | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
|                                | Platooning                  | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
|                                | Road pricing (HDV only)†    | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
| Infrastructure Total           |                             | -0.0%                                                                                          | -0.0%             |
| CO2 legislation                |                             | Can strengthen market forces but does not create gains itself. Most direct option is fuel tax. |                   |
| Integrated Effects             |                             | -1.6%                                                                                          | -2.9%             |

Source: TML, 2015

# I+D+i. Proyectos destacados

## Routes de 5ème Génération



<http://www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/espace-science-et-societe/infrastructures/dossiers-thematiques/a-quoi-ressembleront-les-routes-de-5eme-generation-r5g/>

R5G no se trata de un proyecto al uso, sino que se trata de una iniciativa más ambiciosa desarrollada por IFFSTAR. El programa fue organizado de manera integral. Aborda todas las redes de transporte terrestre de las familias y su ciclo de vida, es decir, diseño, construcción, explotación y fin de vida, teniendo en cuenta sus propias características y peculiaridades, ya sea urbano, suburbano, interurbano o local. La iniciativa R5G aborda temas diversos de innovación son, a su vez, organizados en tres grupos interdependientes:



La "carretera evolutiva" que trata del diseño, construcción y mantenimiento de carreteras con bajas emisiones de carbono.



"la carretera con una contribución ambiental positiva" tiene como objetivo mejorar la resiliencia de la red de carreteras al cambio climático y a los riesgos naturales, a la vez que se mejora la eficiencia energética.



"La carretera cooperativa" orientada a la automatización la carretera y el tráfico mediante el despliegue de tecnologías de la información y las comunicaciones.

Un resumen más detallado de los principales objetivos y temáticas se puede descargar en el siguiente enlace:

[http://www.ifsttar.fr/fileadmin/redaction/2\\_recherche-expertise/2.3\\_grands-projets/r5g/depliant-v1.2.pdf](http://www.ifsttar.fr/fileadmin/redaction/2_recherche-expertise/2.3_grands-projets/r5g/depliant-v1.2.pdf)



por **Bárbara Fernández**, bloguera y periodista. Directora de Comunicación y Social Media en ASEFMA.

# #BloguerosdelAsfalto

# I Encuentro #BloguerosdelAsfalto

En los últimos años se ha incrementado de forma muy notable el número de técnicos e iniciativas 2.0 en el sector de la pavimentación. Con el propósito de cohesionar a la comunidad online hispanohablante del ramo, Asefma promueve el I Encuentro 'Blogueros del Asfalto'.

En estos dos años se ha producido un incremento muy importante del número de técnicos 2.0 asociados a nuestro sector. Se considera como tal aquél que, al menos, disponga de un blog propio, que sirva de base para la lectura y transmisión de sus conocimientos; una cuenta en las redes sociales (principalmente Twitter, Facebook y LinkedIn) y una relevancia significativa en dichas redes sociales. Existen muchos indicadores para evaluar esta relevancia, uno de los más significativos es el índice Klout. Un técnico 2.0 debe tener un índice Klout superior a 40, un valor que ya se ha quedado pequeño, por lo que algunos expertos hablan ya de un valor mínimo de 50.

## *Los técnicos 2.0 del asfalto reunidos en un solo evento*

La proliferación de técnicos 2.0 vinculados con el sector del asfalto lleva a preguntarse por la posibilidad de realizar un Encuentro de #BloguerosdelAsfalto para poder visualizar y actualizar la actividad 2.0 que se está realizando.

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) promueve el I encuentro de "blogueros del asfalto", en el marco de su XI Jornada Nacional, que reúne a profesionales, técnicos, profesores, y administraciones de carreteras. El objetivo de esta convocatoria es poner de manifiesto lo que los técnicos 2.0 del sector están haciendo,

por lo que todos los autores están invitados a presentar su blog. Hasta el momento de cierre de esta edición se cuenta con la participación en el evento de una completa relación de técnicos.

Esta convocatoria, que tendrá lugar el día 11 de mayo, de 16.30 a 19.30 horas, ha sido coordinada por Juan José Potti, presidente de Asefma, y Bárbara Fernández, directora de Comunicación de la asociación. El Programa del encuentro incluye la presentación de los tres mejores blogs de cada categoría. Las mejores prácticas online para difundir contenidos sobre el asfalto, se desglosan en cuatro bloques, en los que se tratará la comunicación corporativa a través de Bárbara Fernández; el periodismo digital; la educación interactiva o la blogosfera y los líderes de opinión online. El encuentro concluirá con la entrega del Primer Premio al mejor blog del asfalto 2016.







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

En estos 10 años, Asecma 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 Asecma.

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

Los socios de Asecma 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 Asecma los títulos de las 12 monografías

También disponibles en formato DVD

# HA NACIDO NOVAFIR

Nueva publicación  
sobre firmes y pavimentos

**NOVAFIR/1**  
INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

Edición: David Hernando  
Manuel G. Romana y Miguel Ángel del Val

**2012** CONTENIDO:  
MÓDULO TECNOLÓGICO DE FIRMES  
MÓDULO TECNOLÓGICO DE PAVIMENTOS  
MÓDULO TECNOLÓGICO DE PAVIMENTOS  
MÓDULO TECNOLÓGICO DE PAVIMENTOS  
MÓDULO TECNOLÓGICO DE PAVIMENTOS  
MÓDULO TECNOLÓGICO DE PAVIMENTOS  
MÓDULO TECNOLÓGICO DE PAVIMENTOS  
MÓDULO TECNOLÓGICO DE PAVIMENTOS

Novafir es una nueva serie de volúmenes recopilatorios de artículos científicos, estados del arte, artículos de divulgación y casos prácticos aplicados tanto a explanadas como a pavimentos bituminosos y de hormigón.

YA A LA VENTA EL PRIMER NÚMERO - [www.cinter.es](http://www.cinter.es)

Una edición de David Hernando,  
con Manuel G. Romana y Miguel Ángel  
del Val como editores adjuntos.

## NOVAFIR

Nace como una nueva serie de volúmenes recopilatorios de artículos sobre firmes y pavimentos que recogen aspectos novedosos sobre los materiales, los deterioros, el dimensionamiento, la fabricación, la conservación y la tecnología de pavimentación, y de artículos que, a pesar de no desarrollar aspectos novedosos, llevan a cabo un análisis de la información existente que sirve como base para avanzar en el conocimiento.

## EL NÚMERO UNO

Este primer volumen incluye 19 artículos clasificados en 9 capítulos: explanadas, mezclas bituminosas en caliente, mezclas bituminosas con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso, mezclas bituminosas fabricadas a baja temperatura, pavimentos de hormigón, firmes especiales, puesta en obra, auscultación y reciclado de firmes.



Editado por CINTER  
con la colaboración de ASEFMA







## 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*

Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.  
Más información en [repsol.com](https://www.repsol.com)