

# ASFALTO

## Y pavimentación

Número 26 · Volumen VII · Tercer trimestre · 2017

número **26**





# 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 **91 265 47 13** o en **[cepsa.com/asfaltos](http://cepsa.com/asfaltos)**



**CEPSA**

*Tu mundo, más eficiente.*



Número 26 · Volumen VII  
Tercer trimestre · 2017

#### ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

##### Director

Juan José Potti

##### Comité de Redacción

María del Mar Colás,  
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

##### 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.asfaltopypavimentacion.com  
asfalto@asfaltopypavimentacion.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 26 · Volumen VII · Tercer trimestre · 2017

## Editorial

Reflexiones sobre los Presupuestos Generales del Estado

05

## Tribuna

Peter T. Grass

07

## Resistencia a la deformación permanente de mezclas bituminosas: Estimación de la precisión del ensayo EN 12697-22 y su influencia en la interpretación de resultados

Carmen Calvo, Javier Loma, José Luis Peña

13

## Respuesta micromecánica del asfalto mediante AFM

José Pablo Aguiar, Jorge Salazar, Luis Guillermo Loria

25

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

Andrés Costa

35

## Development and implementation of low rolling resistance pavement in Denmark

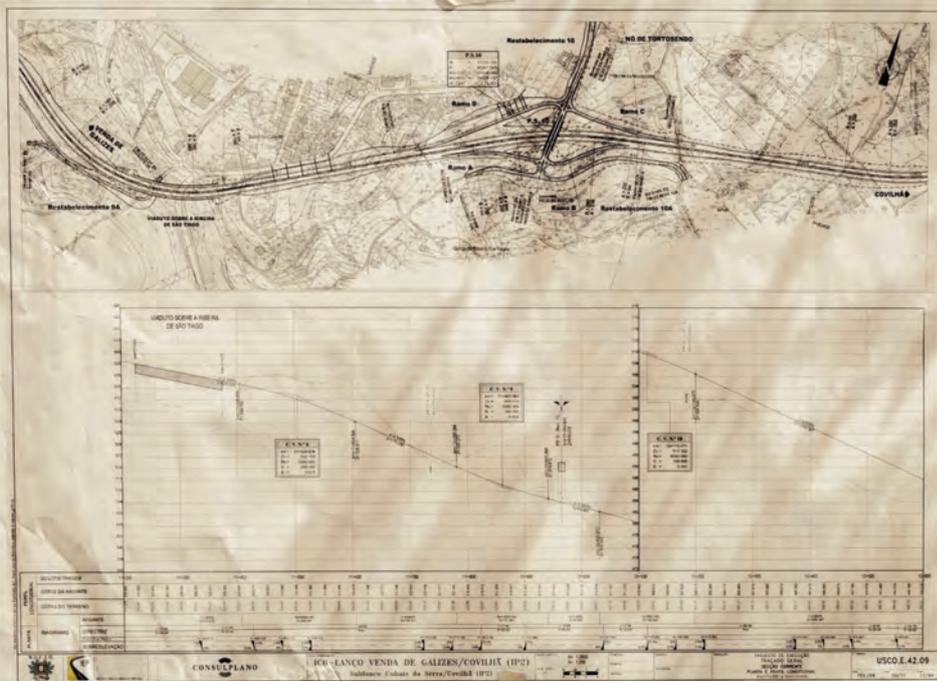
Matteo Pettinari, Bjørn Schmidt

43

## Secciones fijas

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

51



**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@galpenenergia.com](mailto:buzon.espana@galpenenergia.com)



# Reflexiones sobre los Presupuestos Generales del Estado

 La noticia ya es bien conocida: los Presupuestos Generales del Estado (PGE) para el año 2017 quedaron aprobados el 26 de junio por el Senado, al no haber sido modificadas las cuentas del texto enviado el 31 de mayo por el Congreso de los Diputados.

Este editorial no pretende detallar estos PGE 2017 aprobados, ni tan siquiera entrar en el análisis de los aspectos relativos a la inversión en infraestructuras. Tampoco volveremos a discutir acerca del asimétrico reparto de las inversiones dedicadas a la carretera respecto a otros modos de transporte ni juzgaremos si la partida dedicada específicamente a la conservación de carreteras se aproxima a las necesidades de nuestra red de carreteras. Sobre todos estos aspectos ya nos hemos manifestado en otros editoriales de manera clara y concreta.

La mejor noticia es que los PGE 2017 han sido aprobados. Las consecuencias para este sector de la incertidumbre política del año 2016 fueron demoledoras. Tras dos años de moderado crecimiento en 2014 y 2015, se produjo una caída brusca de la actividad de más del 20% en el año 2016. De modo, que a finales de 2016, la producción de mezcla bituminosa en España era de nuevo similar a la del año 2013.

La peor noticia, sin embargo, es que, en el contexto económico actual, mucho mejor en términos generales que el del año 2013, los PGE 2017 aprobados siguen sin hacer llegar la recuperación económica al sector de pavimentación. El año 2013 fue muy duro para toda la sociedad española pero ahora, en este año 2017, mientras algunos sectores pueden hablar de bonanza económica, este sector sigue hablando de mínimos históricos.

## *La inversión pública en infraestructuras será la más baja de la última década*

Una vez más, las infraestructuras de transporte representan el 85% de la inversión. El 40% van al ferrocarril y el 25% a carreteras. El ferrocarril tendrá una inversión de 3.056 millones. De ellos, 2.330 millones se destinarán a se-

guir ejecutando las líneas ferroviarias del AVE en construcción. Las carreteras se llevan una partida de 1.913 millones de euros, los puertos tendrán 868 millones y los aeropuertos, 615 millones.

Más allá de estos datos puramente económicos, la XII Jornada Nacional de Asefma, que se ha celebrado el 30 y 31 de mayo de 2017, ha puesto el foco en las consecuencias ambientales de la falta de una conservación adecuada de las carreteras. Los datos y las conclusiones han sido demoledoras. Según un reciente informe publicado por EAPA, EUPAVE y FEHRL (ver páginas 81 y 82 del número 25 de esta revista), la falta de una conservación adecuada de las carreteras incide de manera directa en el consumo de combustible de los vehículos y, por tanto, en las emisiones directas de CO<sub>2</sub> y de otros gases contaminantes. El informe cuantifica el impacto global a nivel europeo.

La reflexión de este editorial, a partir de los PGE 2017 aprobados, va esta línea. La política ambiental y los compromisos de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> entran dentro de las competencias de la Comisión Europea. No es este el caso de las políticas de conservación de las infraestructuras, que competen a los Estados miembros. Desde el compromiso global de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> no caben atajos ni demoras. Las consecuencias ya las estamos padeciendo todos los ciudadanos del planeta. Es urgente y muy necesario cumplir los compromisos de reducción de CO<sub>2</sub> ratificados en el COP de París. Hay muchas maneras de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, se debe actuar sobre todas las posibles. Desde este editorial resaltamos que está demostrado que unas carreteras en buen estado de conservación reducen sensiblemente las emisiones por parte de los vehículos.

Esto implica un esfuerzo enorme y un cambio radical en los criterios de valoración de las inversiones necesarias. La conservación adecuada de las carreteras debería estar en la agenda de las prioridades de la Oficina Española del Cambio Climático y, por tanto, ser muy tenido en cuenta para la elaboración de los Presupuestos Generales de 2018.




PAVEMENT PRESERVATION  
& RECYCLING SUMMIT

# PPRS

## NICE 2018

### 26-28 MARZO

Nice Acropolis - FRANCIA



Iniciado por :



Apoyado por :



Organizado por :




S  
A  
V  
E  
T  
H  
E  
D  
A  
T  
E



PAVEMENT PRESERVATION & RECYCLING SUMMIT

PPRS NICE 2018 - 26-28 MARZO

# 26-28 MARZO, 2018

## Nice Acropolis Convention Center - FRANCIA

### Conservación, Modernización y Adaptación de Nuestras Carreteras a la Movilidad del Futuro

@ contact@pprs2018.com  
Secretaría de organización

sophie.lopvvet@gl-events.com  
Expositores y patrocinadores

www.pprs2018.com

 @PPRSummit  
#PPRS2018

# The Coming Digital Pavement-Vehicle Interface



**Peter T. Grass**  
P.E. CAE  
President, Asphalt Institute  
@Asphalt06

A lot has been written about the pavement-vehicle interface. We can easily measure skid resistance using a skid-trailer resulting in useful data about the pavement. Over time, we can see these results change due to polishing of the aggregates, wear of the asphalt (binder) coating on SMA mixes and so on. Sometimes it improves, sometimes not. The data can help us determine when to apply a surface treatment to improve skid resistance.

Other pavement-vehicle interface issues include ride vibration and noise generation; each with its own parameters and attributes. We can measure each of these and considerable research has been published on how to achieve a smooth (but skid resistant) pavement while attaining a low-noise surface. These attributes make asphalt pavements very desirable in urban areas.

## *Digits? A whole new chapter*

Autonomous car discussion is all the rage in our industry today. It's hardly a new topic. Cars developed by Mercedes-Benz in 1987 and just earlier at Carnegie Mellon University in the early 80's were truly autonomous and usually receive credit for being the first of the type. Since then, the race is on with non-traditional automobile manufacturers such as Google and the usual cast jumping into the fray.

It makes for exciting headlines such as "Google's Self-Driving Cars: 300,000 Miles Logged. Not a Single Accident Under Computer Control." (The Atlantic, Aug 2012), and "Doing the school run just got easier! Nissan unveils new car that can drive itself on short journeys." (Daily Mail, Feb 2013). We live in exciting times.

Autonomous cars rely on multiple sensors and elaborate algorithms to collect and analyze data to control the vehicle's operation. It's not so easy. A quick view of some of the test footage makes for interesting viewing; the curious bicyclist who wanders around the vehicle confusing the software as to what to do; the ball which comes into view soon followed by the child; double train tracks, cross traffic and a pedestrian crossing; poor roadway surfaces without readily discernable edges. The list goes on. With each decision "infraction" of the test vehicles, the software engineers write some more code.

Yet for all of these issues, the vehicles are steadily making their way into our environment. Consumers can purchase a somewhat automated car today. Tesla's vehicles all have the capability to drive with conditional automation and claim to do so at a safer standard than a human driver can. I've driven and been transported via their auto drive in several and the capability is impressive. Many US manufacturers now offer efficient self-parking features. No more trouble with the parallel parking challenge!

Several states in the US now have autonomous vehicle laws enabling full scale testing of the ultimate; start to stop without driver input. Would you get into a car without a steering wheel? It is likely in our future. We get into trains and other people movers today without an operator – all the time.

Freight companies are in long range testing of heavy trucks; fully controlled autonomously yet equipped with a driver monitoring the performance of the digits. Imagine loading a truck with goods in Milan and sending it to Madrid without a driver. It will park at the loading dock too. It's coming.

Futurist Michael Rogers proclaims that it may one day not be legal to drive a car – it will simply be too dangerous. We'll have to let the autonomous vehicle take us to our destination. So much for VW's fahrvergnügen.

For those of us in the transportation business, and specifically delivering infrastructure that meets today and tomo-

## The Coming Digital Pavement-Vehicle Interface

row's transportation network needs – what does this all mean? It depends on what we're talking about.

For the single autonomous vehicle, operating at one of the lower to mid-level of SAE autonomy definitions, probably not much. The average age of a US based car is about 15 years. So even as fully autonomous vehicles hit main street, most of the vehicles they will have to interact with will be dumb cars. It is going to take some time before the majority of vehicles are autonomous. It will be an evolutionary change.

For safety, proof of concept, and insurance reasons, we may end up having autonomous or self-driving only zones – and our industry will have to build them or modify existing roadway lanes to accommodate this new requirement. These vehicles could end up traveling in platoons; closely following each other at the exact same speed; the interconnectedness of the vehicles making it possible to brake and accelerate simultaneously.

The interconnectedness of vehicles brings new requirements, one that is being studied at places like Ohio's Transportation Research Center under a \$40 million U.S. Department of Transportation program evaluating how data, technology and creativity will shape how people and goods will move in the future. Wifi access, enabling the interconnectedness of things, is just one of the infrastructure pieces being looked at.

Perhaps the limited battery life of electric vehicles will be solved via "charge in motion" infrastructure enabling recharging without stopping. This requires lane technology which

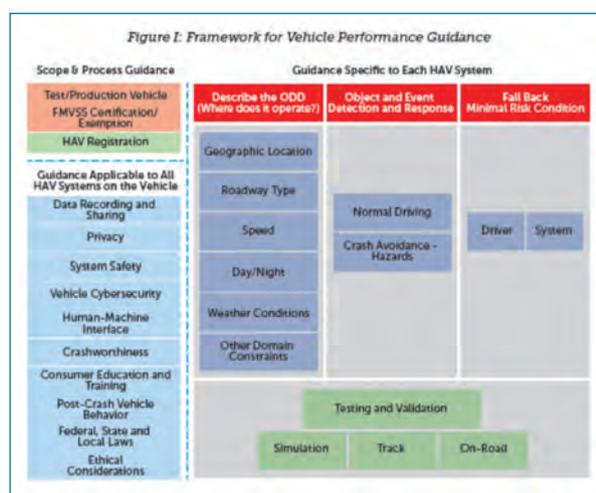
our industry will have to accommodate. Another plus for asphalt pavements; the easy of adaptation of these new technology features within the existing infrastructure is clearly an asphalt advantage.

Our US Federal Highway Administration has spent some time thinking about what this all means from insurance and liability, to data ownership and sharing, to vehicle safety and design. They've published a "Federal Automated Policy – Accelerating the Next Revolution In Roadway Safety" as a start. It is an insightful read into what's coming. The table below, excerpted from their publication, shows the levels of thinking already underway (HAV by the way stands for "Highly Automated Vehicle"):

It is an interesting approach to the autonomous vehicle's arrival on the transportation network scene

Looking at the table you'll see "Ethical Considerations." Imagine traveling down a residential street at or below the speed limit when a child pops out between two parked cars chasing after that rolling ball. The autonomous car knows it cannot stop in the distance provided. Does it steer to hit the child or veer onto the opposite sidewalk with pedestrians? What would you do? These and many other considerations must be solved for socially acceptable autonomous car behaviors to integrate into our human society.

Until then, our infrastructure must and will adapt to support these new transportation providers, as our paths, trails and dirt byways did in the last century to support the introduction of the horseless carriages of the mid 1800's. With asphalt, we can quickly and economically adapt our infrastructure meet the needs of what promises to be an interesting evolution in our transportation networks.



IV Edición  
7 de noviembre  
de 2017

# INNOVACARRETERA

Feria de Demostración  
Tecnológica del Sector  
de las Infraestructuras Viarias

“La carretera: la revolución  
de la movilidad”

Madrid (Nave Boetticher)  
7 de noviembre de 2017



PROGRAMA



# PROGRAMA

- 9:00 – 9:30 Registro y recepción de los asistentes
- 9:30 – 10:00 Inauguración de Innovacarretera 2017
- D. **Juan José Potti** (Presidente de PTCarretera)
  - D<sup>a</sup>. **M<sup>a</sup> Ángeles Ferre** (MINECO)
  - D. **Luis Cueto Álvarez de Sotomayor** (Coordinador Gral. Ayto. Madrid)
  - D. **José Luis Peña** (Director Gerente de PTCarretera)
- 10:00 – 10:15 Avance y explicación de los elementos que se desarrollarán a lo largo de la jornada  
(Presentación a cargo de D. **Ángel Sampedro**, Universidad Alfonso X El Sabio)
- 10:15 – 11:05 Demostradores (I)
- 11:05 – 11:30 Conferencia: “Los efectos de la electrificación de los vehículos en las infraestructuras de carreteras”  
(D. **Arturo Pérez de Lucía**, AEDIVE)
- 11:30 – 12:00 Café
- 12:00 – 12:45 Demostradores (II)
- 12:45 – 13:10 Conferencia: “La conducción autónoma. La visión desde las infraestructuras de carreteras ” (D. **Felipe Jiménez Alonso**, Instituto Universitario de Investigación del Automóvil, INSIA )
- 13:10 – 14:10 Demostradores (III)
- 14:10 – 14:30 Entrega de la 3<sup>a</sup> edición Premios PTC a la Innovación en Infraestructuras Viarias
- 14:30 Clausura de la jornada



# CONTACTO E INSCRIPCIONES

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



## SECRETARIADO PERMANENTE

### Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC)

Avenida General Perón, 26 – 2º Escalera Izda.  
28020 Madrid (España)

Tel.: + (34) 91 435 53 18

Fax: + (34) 91 141 23 29

E-mail: [info@ptcarretera.es](mailto:info@ptcarretera.es)

Web: [www.ptcarretera.es](http://www.ptcarretera.es)



# XIXCILA

Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, Medellín 2017



Medellín - Colombia  
Hotel Intercontinental  
**27 al 30**  
**NOVIEMBRE**  
**DE 2017**

www.cila2017.com

(+57) 317 434 8709

(+57) 317 642 2399

(+57 7) 646 4128

*Organizan:*



cila2017@insoltec.com.co



# Resistencia a la deformación permanente de mezclas bituminosas: Estimación de la precisión del ensayo EN 12697-22 y su influencia en la interpretación de resultados

Carmen Calvo, calrevca@jcy.l.es  
Junta de Castilla y León

Javier Loma, javierloma@padecasa.com  
Padecasa

José Luis Peña, jlpena@asefma.com.es  
Asefma

La precisión de un método de ensayo es un parámetro que permite interpretar los resultados del mismo de forma adecuada. Cuando en el año 2008 se incluyen en las especificaciones nacionales (PG-3) las referidas al ensayo de rodadura según UNE-EN 12697-22, no se dispone de información sobre la precisión de este ensayo. Por esto, en el año 2011 el grupo Aleas (Agrupación de Laboratorios de Entidades Asociadas a Asefma) inició una serie de trabajos encaminados a determinar los niveles de variabilidad del método de ensayo EN 12697-22. En publicaciones anteriores se determinó el nivel de precisión del ensayo y quedó pendiente abordar un análisis en detalle de todos los elementos que participan en el ensayo con el fin de mejorar la repetibilidad y la reproducibilidad. En este trabajo se aborda un análisis en profundidad de dichos elementos que intervienen en el ensayo lo que permite estimar valores de precisión del ensayo. De esta forma se dispone de un elemento muy importante para interpretar y evaluar los resultados obtenidos en el control de calidad de las obras. Esta publicación es la continuación del trabajo titulado "Deformación plástica de las mezclas bituminosas. Métodos de caracterización y aplicabilidad en las obras" [1], en el que a partir de datos recopilados de obras se identificaban las limitaciones de dicho método de ensayo. El trabajo experimental mostrado en el presente artículo se basa en un conjunto de ensayos intra e inter-laboratorios correspondientes a un significativo número de laboratorios. Los resultados obtenidos no han permitido identificar elementos singulares cuya modificación permitiese una mejora de la precisión del método de ensayo, por lo que los niveles de reproducibilidad obtenidos aconsejan revisar las especificaciones existentes, incluyendo rangos de tolerancia sobre los valores exigidos.

**Palabras clave:** deformación plástica, mezclas bituminosas, precisión

In 2011 the Aleas group began a series of studies aimed at determining the levels of variability of the test method EN 12697-22. In previous publication, the level of accuracy of the experiment and slope were determined with a detailed analysis of all elements involved in the test method, in order to improve repeatability and reproducibility. In this paper, deep analysis of the elements involved in the test is carried out, which allows the estimation of new precision values. In this way, a consistent tool is available to interpret and evaluate the results obtained in the quality control of the works. This publication completes the tasks detailed in the paper "Plastic deformation of bituminous mixtures, Methods of characterization and applicability in the job sites" [1], in which the limitations of this test method were identified from data collected from works. The experimental work of this paper is based on sets of intra and inter-laboratory tests corresponding to a significant number of laboratories. The results obtained have not identified single elements which modification would allow an improvement of the precision of the test method, so the reproducibility levels obtained advise to review the existing specifications, including tolerance ranges over the required values.

**Keywords:** rutting, bituminous mixtures, precision

## 1. Introducción

Las deformaciones permanentes o roderas son uno de los principales tipos de deterioro que pueden presentar las mezclas bituminosas. Se producen por la acumulación de deformaciones a consecuencia de la aplicación repetida de las cargas del tráfico, especialmente vehículos pesados a baja velocidad y a altas temperaturas [2] y pueden ser debidas a fallas en la subrasante o bien en la capa de asfalto [3]. En el primer caso, la deformación ocurre en las capas inferiores y es un problema estructural no atribuible a la mezcla bituminosa. En el segundo caso, la rodera es debida a la escasez de capacidad portante de la mezcla bituminosa, y se puede resolver con una adecuada selección de la mezcla bituminosa. Las propiedades de una mezcla bituminosa que pueden afectar a la formación de roderas están relacionadas tanto con la calidad de los materiales constituyentes, como con el diseño de la mezcla y el proceso de construcción.

En cuanto a los materiales, se ha demostrado, entre otros, la influencia de los siguientes factores: Granulometría, forma y textura de los áridos [4] [5], proporción y tipo de ligante [6] [7] [8] y relación filler/betún [9]. No es objeto de este trabajo el analizar la influencia de cada uno de los factores enumerados sino conocer la capacidad de caracterización de las mezclas bituminosas por medio del ensayo UNE EN 12697-22.

Se dispone de varios tipos de ensayos para determinar las deformaciones permanentes, que se pueden clasificar en tres grupos: ensayos fundamentales, ensayos empíricos y ensayos de simulación [10]. Entre ellos, los ensayos de simulación son muy adecuados para predecir deformaciones. A este tipo pertenece el ensayo normalizado en la EN 12697-22, de referencia para evaluar esta propiedad para el mercado CE de mezcla bituminosas y también citado como método de ensayo en los artículos 542 y 543 del PG-3 (2008). También pertenece a este tipo el ensayo NLT-173, especificado en el PG-3 (2004).

La diferencia entre los resultados obtenidos con el método NLT-173 y UNE EN 12697-22 se ha mostrado en trabajos anteriores [1] [11], observándose que la especificación actualmente en vigor es mucho más difícil de cumplir.

Con objeto de obtener más información sobre el funcionamiento del nuevo método de ensayo, dentro del consorcio Aleas (Agrupación de Laboratorios de Entidades Asociadas

a Asefma) se creó un grupo de trabajo específico. Las actividades de este grupo se desarrollaron en varias fases:

- Fase I. (2011 – 2012): Recopilación de los datos existentes para diferentes tipos de muestras.
- Fase II. 2012. Estudio comparativo de los resultados obtenidos, para mezclas tipo fabricadas en laboratorio, según las normas UNE 12697-22 y NLT-173.
- Fase III. (2012-2014). Se llevan a cabo 5 rondas interlaboratorios.
- Fase IV (2015). Estudios de precisión interna (intralaboratorio).

Los resultados de las tres primeras se han mostrado en un trabajo anterior [1].

## 2. Objetivos

El objeto de este artículo es resumir los trabajos realizados en la cuarta fase, encaminados a obtener más información sobre la precisión del método de ensayo especificado en la norma UNE-EN 12697-22 (Procedimiento B en aire), especialmente en lo referido a:

- Obtener datos de precisión intralaboratorio.
- Comparar los datos de precisión intra e interlaboratorio.
- Estudiar los principales factores que afectan a la precisión.
- Analizar las repercusiones de estos valores de precisión en la interpretación de resultados.

En la realización de este trabajo han colaborado laboratorios de 21 empresas fabricantes y laboratorios de control. No es objetivo de este trabajo evaluar las diferentes mezclas, sino la precisión del ensayo, por ello se han utilizado las mezclas utilizadas con más frecuencia.

## 3. Plan experimental

Se propuso un plan de ensayos consistente en que cada laboratorio participante seleccionara una o varias mezclas de las de consumo más habitual en cada planta, para chequear la mayoría de las tipologías de mezclas normalizadas. Cada una de estas muestras se ensayará bajo diversas condiciones:

- En condiciones de repetibilidad (mismo laboratorio, mismo operador, corto periodo de tiempo): Para ello el laboratorio fabricará seis probetas y las ensayará en el menor tiempo posible (se propone un tiempo máximo de una semana).
- En condiciones de precisión intermedia (o reproducibilidad intralaboratorio: mismo laboratorio, diferentes operadores, separadas en el tiempo). Se repite el ciclo anterior tres veces, de modo que se tengan resultados de 18 probetas. Se diferencia de la precisión interlaboratorio en que en esta última también varía el laboratorio que realiza el ensayo.

Se distribuyó a los laboratorios interesados en participar un Protocolo de validación, en el que se detallaba la secuencia de tareas a realizar y los registros a conservar:

- Datos de caracterización de la muestra: Granulometría, naturaleza del árido, contenido en ligante, tipo de ligante, densidad máxima, densidad aparente (ssd y geométrica) y contenido en huecos.
- Compactación. Adjuntar el programa de compactación y si es posible, los gráficos de compactación que genera el equipo.
- Registros de Ensayo y cálculos de precisión.

#### 4. Análisis de resultados

El ensayo UNE-EN 12697-22 proporciona información de los parámetros siguientes:

- **WTS.** Pendiente de deformación en pista, calculada como velocidad media de aumento de la profundidad de la rodera. Se mide en  $\text{mm}/10^3$  ciclos de carga.
- **RD.** Profundidad de la rodera para el material sometido a ensayo en 10.000 ciclos, en mm.
- **PRD.** Profundidad proporcional de la rodera para el material sometido a ensayo en 10.000 ciclos, en %.

Con los datos proporcionados por cada laboratorio se calcularon los parámetros que definen la precisión interna de este método de ensayo en cada laboratorio:

- Desviación estándar de repetibilidad,  $s_r$ , y coeficiente de variación en condiciones de repetibilidad, CVr. Estos pará-

metros nos van a informar de las variaciones mínimas que se pueden esperar en los resultados de WTS y PRD proporcionados por un determinado laboratorio cuando ensaya una muestra. Estos valores se calculan sobre los resultados de las 6 probetas ensayadas en condiciones de repetibilidad.

- Desviación estándar de reproducibilidad intralaboratorio,  $s_R$ , y coeficiente de variación en condiciones de reproducibilidad intralaboratorio, CVr. Estos parámetros nos van a informar de las variaciones máximas que se pueden esperar en los resultados de WTS y PRD proporcionados por un determinado laboratorio. En último término nos indican las máximas diferencias entre los resultados proporcionados por un laboratorio cuando ensaya una muestra. Estos datos se calculan sobre los resultados obtenidos en 18 probetas ensayadas en condiciones de precisión intermedia o reproducibilidad intralaboratorio.

Más información sobre los diversos parámetros estadísticos citados se puede encontrar en la "Guía para la estimación de la incertidumbre en métodos de ensayo de control de mezclas bituminosas" editada por Asefma [12].

Finalmente, se compararon estos valores de precisión, obtenidos en condiciones intralaboratorio, con la precisión obtenida en condiciones interlaboratorio. Para ello, se utilizaron los resultados obtenidos en una serie de ejercicios de intercomparación organizados en España desde 2008, y que se han descrito con detalle en trabajos anteriores [1]. Al incluir este último factor de variabilidad, los resultados de precisión, expresados como coeficiente de variación o como reproducibilidad interlaboratorios, ya dan una idea de la máxima variabilidad que se esperar en los resultados de este método de ensayo.

Con los valores obtenidos en condiciones intralaboratorio se pueden establecer criterios de aceptación de resultados en cada laboratorio, mientras que con los valores interlaboratorio permiten establecer criterios para comparar resultados de diferentes laboratorios.

Los ensayos se realizaron durante el segundo y tercer trimestre de 2015. Participaron 11 laboratorios, 3 de los cuales realizaron el protocolo con dos muestras, con lo que el número de muestras ensayadas finalmente fue de 14: 10 del tipo AC16, 3 del tipo BBTM y una del tipo AC22.

En cuanto a los valores medios de WTS, 10 presentaron valores por debajo de 0.075, 3 entre 0.075 y 0.100 y sola-

# Resistencia a la deformación permanente de mezclas bituminosas: Estimación de la precisión del ensayo EN 12697-22 y su influencia en la interpretación de resultados

mente 1 superó el valor de 0.100. En la Tabla 1 se resumen los valores obtenidos.

Los valores de repetibilidad,  $r$ , y precisión intralaboratorio,  $R$ , se han obtenido a partir de las ecuaciones siguientes:

$$r = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot s_r$$

$$R = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot s_R$$

## 4.1 Repetibilidad

### a) Valores de WTS

Los valores de CVr siguen la distribución de la Figura 1. Si se aplica la estadística de la ISO 13528 a los datos anteriores, se encuentre que L3, L9 y L6 proporcionan resultados anómalos. Si se eliminan estos valores se observa una cierta correlación entre los valores de Sr y WTS. En términos relativos, el CVr estaría entre el 12 y el 36%, con media en el 25%. En general, parece observarse una tendencia a aumentar los valores de sr al aumentar el valor de WTS (Figura 2), pero no se dispone de muchos datos de mezcla con valores altos de WTS (superiores a 0.100) que permitan confirmar esto.

### b) Valores de PRD

Los valores de CVr siguen la distribución de la Figura 3. Presentan resultados anómalos los laboratorios L7, L9, L10 y L6. Si se eliminan estos valores el valor asignado para CVr sería del 14%, variando entre el 5 y el 21%. La correlación entre los valores de desviación y PRD es menor que en el caso del WTS (Figura 4).

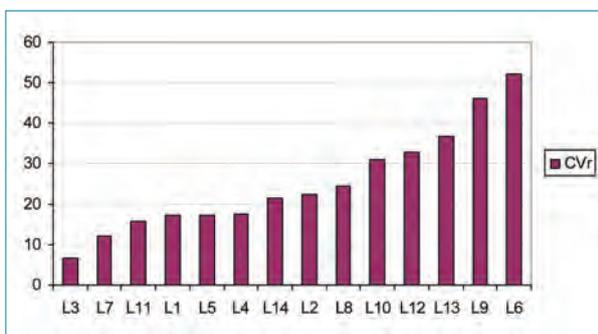


Figura 1. Distribución de valores de CVr para WTS.

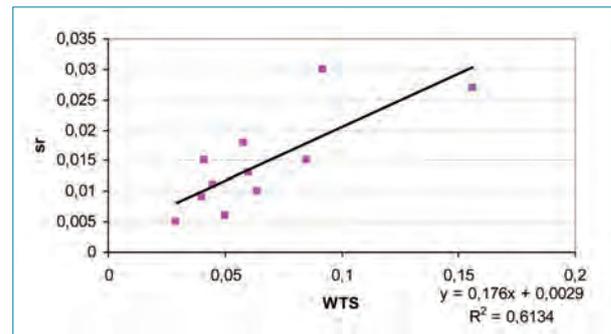


Figura 2. Desviación estándar de repetibilidad vs WTS, después de eliminar los valores anómalos.

## 4.2 Precisión intermedia

### a) Valores de WTS

Los valores de sr se encuentran entre 0,003 y 0,042, con un valor medio de 0,018. En términos relativos, el CVr estaría entre el 7 y el 56%. Si eliminamos los valores anómalos, que también ahora son L3, L9 y L6, obtenemos valores de CVr entre el 14 y el 49%, con una media del 25%. Los valores de CVr siguen la distribución de la Figura 5. También parece ob-



Figura 3. Distribución de valores de CVr para PRD.

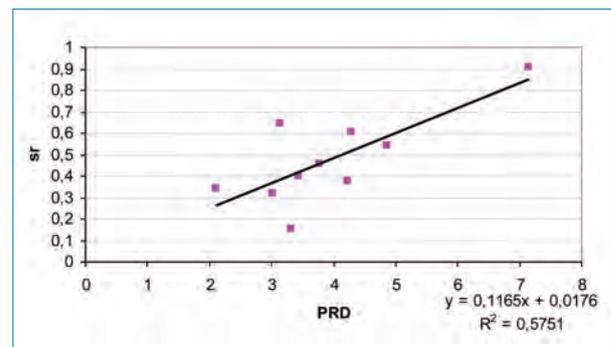


Figura 4. Desviación estándar de repetibilidad vs WTS, después de eliminar los valores anómalos.

Tabla 1. Resultados de las pruebas de validación intralaboratorio.

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14
Mezcla	BBTM 11A	AC16surf	AC16	AC16bin	AC16surf	BBTM 11B	AC16surf	BBTM 11B	AC16	AC16surf	AC22bin	AC16surf	AC16surf	AC16surf
Tipo ligante	PMB 45/80-65	50/70	35/50	35/50	50/70	-	35/50	PMB 45/80-65	50/70	50/70	50/70	50/70	50/70	35/50
% ligante	4,80	4,73	4,43	-	4,80	5,11	5,71	4,84	-	-	4,88	4,69	4,75	4,66
Árido	ofita	silíceo	ofita	calizo	calizo	-	pórfido	silíceo	-	-	silíceo	caliza	ofita-caliza	calizo
Densidad aparente, kg/m <sup>3</sup>	2465	2303	2464	2272	2264	2007	2450	2219	2396	2447	2377	2361	2570	2518
% huecos	7,0	6,6	4,0	9,3	5,0	18,0	4,0	15,7	-	-	4,5	2,1	3,1	5,1
WTS	0,029	0,040	0,045	0,085	0,156	0,050	0,050	0,045	0,076	0,058	0,064	0,092	0,041	0,060
s <sub>r</sub>	0,005	0,009	0,003	0,015	0,027	0,026	0,006	0,011	0,035	0,018	0,01	0,030	0,015	0,013
r	0,014	0,025	0,008	0,042	0,076	0,074	0,017	0,031	0,099	0,051	0,028	0,085	0,042	0,037
CV <sub>r</sub>	17,2	22,5	6,7	17,6	17,3	52,0	12,0	24,4	46,1	31,0	15,6	32,6	36,6	21,7
s <sub>R</sub>	0,005	0,009	0,003	0,017	0,033	0,028	0,007	0,011	0,042	0,018	0,01	0,032	0,016	0,017
R	0,014	0,025	0,008	0,048	0,092	0,078	0,020	0,031	0,118	0,050	0,028	0,089	0,045	0,048
CV <sub>R</sub>	17,2	22,5	6,7	20,0	21,2	56,0	14,0	24,4	55,3	31,0	15,6	34,8	39,0	28,3
PRD	4,235	2,114	3,312	3,441	7,147	5,661	5,767	4,297	5,115	3,018	3,014	4,871	3,143	3,769
s <sub>r</sub>	0,379	0,343	0,156	0,402	0,910	1,872	0,108	0,604	1,291	0,837	0,318	0,543	0,646	0,460
r	0,005	0,009	0,003	0,015	0,027	0,026	0,006	0,011	0,035	0,018	0,01	0,030	0,015	0,013
CV <sub>r</sub>	8,9	16,2	4,7	11,7	12,7	33,1	1,9	14,1	25,2	27,7	10,6	11,1	20,6	12,2
s <sub>R</sub>	0,41	0,42	0,18	0,45	0,99	1,94	0,15	0,77	1,51	0,86	0,69	0,99	0,70	0,51
R	1,15	1,18	0,50	1,26	2,77	5,42	0,41	2,16	4,22	2,41	1,94	2,78	1,95	1,42
CV <sub>R</sub>	9,7	19,9	5,4	13,0	13,9	34,2	2,5	18,0	29,4	28,5	23,0	20,4	22,1	13,4

NOTA: Las mezclas ensayadas han sido fabricadas con distinta composición: diferente tipo de ligante (convencional y modificado) y naturaleza de áridos (calizas, silicocalceas, pórfidos, etc).

## Resistencia a la deformación permanente de mezclas bituminosas: Estimación de la precisión del ensayo EN 12697-22 y su influencia en la interpretación de resultados

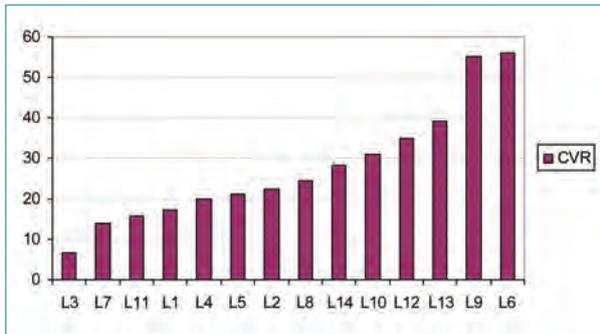


Figura 5. Distribución de valores de CVR, en %, para WTS.

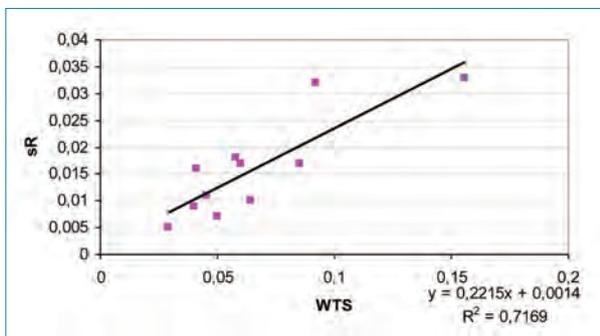


Figura 6. Desviación estándar de reproducibilidad vs WTS, después de eliminar los valores anómalos.

servarse una tendencia a aumentar los valores de  $s_r$  al aumentar el valor de WTS (Figura 6).

### b) Valores de PRD

Los valores de  $s_r$  se encuentran entre 0,146 y 1,936, con un valor medio de 0,754. En términos relativos, el CVr estaría entre el 3 y el 34%, con media en el 18%. Al igual que con los valores de desviación estándar de repetibilidad, no se observa en principio correlación entre los valores de  $s_r$  y PRD. Si eliminamos los valores anómalos (L7, L3, L6), la

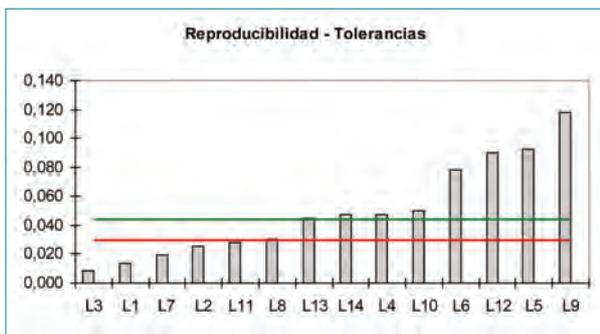


Figura 7. Valores de R para WTS frente a tolerancias.

correlación de los datos mejora ( $r_2 = 0,3297$ ), pero sigue sin ser significativa, y el valor asignado para CVr se mantiene en el 18%. Los valores de CVr siguen la distribución de la Figura 8.

Teniendo en cuenta las modificaciones de los artículos 542 y 543 del PG-3, que establecen valores límites del 5% de PRD para considerar aceptables las mezclas bituminosas, se puede establecer una tolerancia para R en torno al 2%.

Si se comparan los valores de reproducibilidad obtenidos frente a las tolerancias, obtenemos la Figura 9. Se puede ver como la tolerancia inicialmente propuesta,  $R \leq 2\%$ , la cumplen 8 de los 14 laboratorios. Probablemente asignar una tolerancia del 3% para los valores de PRD sea más realista, con el estado actual del método de ensayo.

### 4.3 Influencia de la compactación

Cada laboratorio participante ha utilizado su propia secuencia de compactación de probetas, la que utiliza de manera rutinaria para realizar este ensayo. La única condición que se exige es que se alcance al menos el 98% de la densidad de referencia. En general, la presión máxima de compactación es de 20 kN, a la que se llega en aproximadamente en 100 pasadas. La diferencia entre los laboratorios está en que en unos casos el máximo de presión se alcanza a una velocidad constante y en otros se van haciendo escalones con subidas más bruscas de presión seguidas de etapas de presión constante.

Algunos laboratorios (L4, L7 y L11) han utilizado en la compactación una chapa perforada, que colocan entre la mezcla y el rodillo. Consideran que así se consigue una mejor distribución de la carga y que la compactación es más uniforme. Estos laboratorios no presentan, en general, valores de precisión significativamente diferentes del resto.

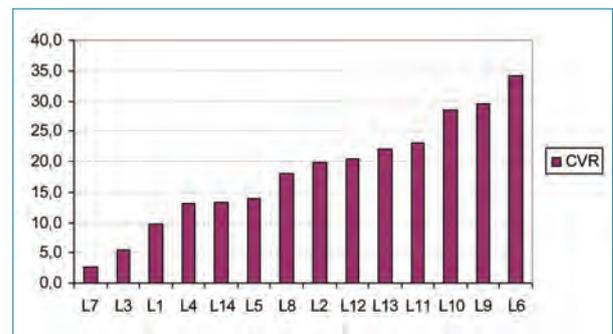


Figura 8. Distribución de valores de CVR, en %, para PRD.

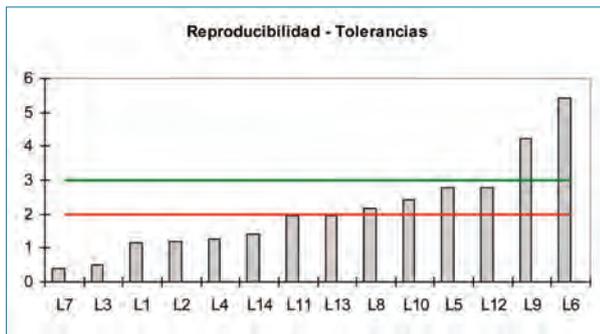


Figura 9. Valores de R para PRD frente a tolerancias.

#### 4.4 Otros factores a valorar

Tras una revisión de la norma UNE-EN 12697-22+A1:2008, se ha encontrado, en el apartado 6.3.1.7, referido a los equipos utilizados, que la tolerancia requerida para el dispositivo de medir la posición horizontal de la rueda es de  $\pm 0,2$  mm. Esta tolerancia puede conducir a altos valores de incertidumbre en la determinación de WTS y PRD, por lo que se solicitó a los laboratorios participantes que facilitasen datos acerca

de la calibración de estos equipos. En la Tabla 2 se resumen estos datos.

Todos los equipos de los que se dispone datos cumplían holgadamente la tolerancia de la norma. En la Tabla 3 se muestra cual sería la contribución a la incertidumbre debida a la calibración de este sensor en función de la incertidumbre de calibración (aplicando la metodología indicada en [11]).

Con los valores de la norma, solo esta contribución ya sería del orden de la tolerancia establecida, por lo que nos parece más adecuado establecer un valor máximo de incertidumbre de calibración en torno a 0,05 mm.

#### 4.5 Comparación de los resultados de precisión intralaboratorios e interlaboratorios

Para finalizar, se han recopilado datos de otros interlaboratorios organizados en España desde 2007 (Tabla 4). Se comprueba que los resultados son similares a los obtenidos en las 5 rondas organizadas desde ALEAS. Si representamos los datos de desviación estándar frente a WTS o PRD (Figura 10),

Tabla 2. Datos de calibración de los sensores de medida de la deformación.

Laboratorio	Sensor	Rango calibrado	Incertidumbre
L20	Novotechnik TR25	2,5 - 25 mm	0,005 mm (a 2,5 mm) 0,007 mm (a 10 mm) 0,045 mm (a 20 mm)
L7	Novotechnik TR25	2,5 - 25 mm	0,003 mm (a 2,5 mm) 0,005 mm (a 10 mm) 0,035 mm (a 20 mm)
L3	Novotechnik TR25	2,5 - 25 mm	0,010 mm (a 2,5 mm) 0,018 mm (a 10 mm) 0,045 mm (a 20 mm)
L21		1 - 25 mm	0,02 mm (a 2 mm) 0,01 mm (a 10 mm) 0,01 mm (a 20 mm)
L9	L-194	0 - 20 mm	0,03 mm (<10 mm) 0,17 mm (>10 mm)
L22			0,04 mm
L23	TRS 50	0 - 50 mm	0,03 mm (<10 mm) 0,19 mm (>10 mm)
L24			0,03 mm
L25	TRS 50	0 - 50 mm	0,02 mm (corr. max)
L4	PY2C50	5 - 50 mm	0,04 mm (corr. max)
L2		2-30 mm	0,1 mm

## Resistencia a la deformación permanente de mezclas bituminosas: Estimación de la precisión del ensayo EN 12697-22 y su influencia en la interpretación de resultados

Tabla 3. Contribución a la incertidumbre de la calibración del sensor de deformación.

$l$ ( $K=2$ ), mm	UWTS (mm/ $10^3$ ciclos)
0,2	0,028
0,05	0,009

observamos una cierta tendencia, que en términos de coeficiente de variación, % CV, se traduce en los valores medios de las 18 rondas: el 39% para WTS y de 23% para PRD.

Estos valores son comparables a los publicados en estudios interlaboratorios realizados en Hungría [13], siguiendo el mismo método de ensayo. En este trabajo solo se recogen valores de PRD, y los valores de CV<sub>r</sub> se encuentran entre el 25 y el 53 %. Aquí también resaltan la carencia de datos de reproducibilidad en la norma, que no permiten una adecuada interpretación de los resultados. Para otros ensayos del mismo tipo ("Hamburg wheel tracking test"), los valores de precisión encontrados en bibliografía [14] [15] tampoco mejoran sensiblemente los encontrados en este trabajo.

En las figuras 11 y 12 se comparan los resultados obtenidos para la desviación estándar de reproducibilidad obtenidos en las pruebas de validación (intralaboratorio) y los obtenidos en los ejercicios de intercomparación realizados en las etapas anteriores (Tabla 4), tanto para WTS (Figura 11) como para PRD (Figura 12).

Para WTS, se obtienen correlaciones aceptables con s<sub>R</sub>, y se observan valores más bajos en las pruebas realizadas intralaboratorio. Para PRD las correlaciones son peores, aunque también se obtienen resultados mejores en las pruebas intralaboratorio. Estos resultados son razonables, teniendo en cuenta que se ha eliminado una fuente de variabilidad importante.

A conclusiones similares llegamos si se analizan los datos a partir de los valores medios de CV<sub>r</sub>, como vemos en la Tabla 5.

### 5. Conclusiones

De todos los trabajos expuestos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

#### En cuanto a la realización del ensayo:

- El sensor de medida de deformación presenta en general incertidumbres de calibración inferiores a la tole-

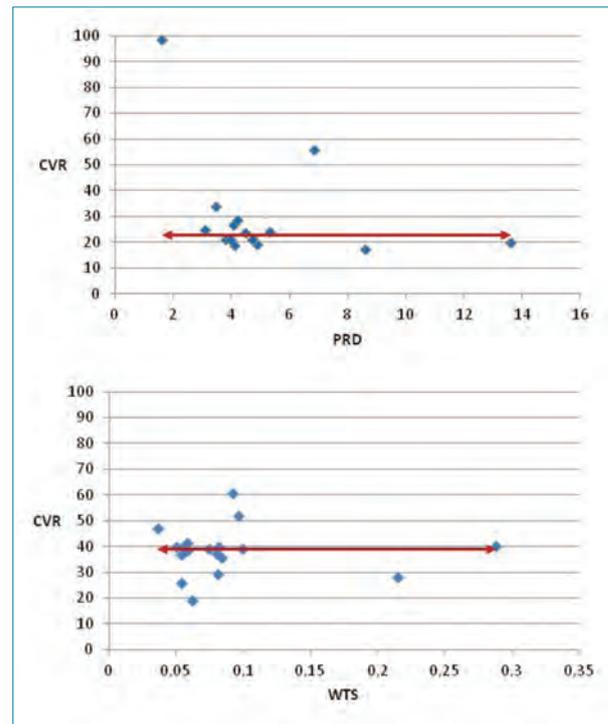


Figura 10. Valores de CV<sub>r</sub>, en %, frente a WTS y PRD obtenidos en diferentes rondas interlaboratorio.

rancia establecida en la norma de ensayo, lo cual es muy adecuado con el fin de reducir la contribución a la incertidumbre final del método. Se propone reducir esta tolerancia de calibración de 0,2 a 0,05 mm.

- Los valores de repetibilidad obtenidos en este trabajo son de 0.04 para WTS y del 1.5% para PRD.
- La precisión intermedia de los laboratorios participantes es del orden de 0.05 para WTS y del 2% para PRD.

#### En cuanto a reproducibilidad:

- Los valores medios encontrados de CV<sub>r</sub> en las 18 rondas interlaboratorios son del 23% para PRD y del 39% para WTS.
  - En cuanto a WTS, esto significa que para un valor asignado de WTS de 0,070.
  - Al ser ensayada en diferentes laboratorios, sería posible que estos obtuvieran un resultado entre 0,035 y 0,105.

Tabla 4. Resumen de los datos de precisión de rondas interlaboratorios para el ensayo EN 12697-22 realizados en España desde 2007.

Ejercicio	Fecha	Mecla	n° lab	% PRD			WTS		
				media	Sr	%CV	media	Sr	%CV
Cedex		AC16D	7	13,6	2,7	20	0,288	0,116	40
Cedex		AC22S	7	8,6	1,5	17	0,215	0,061	28
Cedex	may-08	D12	10	5,3	1,279	24	0,082	0,033	40
Cedex	jun-08	S20	10	1,6	1,577	99	0,081	0,024	30
Cedex	nov-09	AC22S	11	4,078	1,1	27	0,084	0,03	36
Cedex		BBTM11A	14	4,2	1,21	29	0,036	0,017	47
Cedex		AC22S	14	3,8	0,81	21	0,058	0,0224	39
CIESM	sep-11	AC16S	14				0,08	0,03	38
CIESM	nov-12	AC16S	14				0,05	0,02	40
Dip Alava	dic-12	AC16S	7	3,07	0,761	25	0,096	0,05	52
Aleas	2012	AC16	15	3,978	0,846	21	0,058	0,024	41
Aleas	2012	AC16	17	4,094	0,769	19	0,055	0,022	40
Aleas	2012	AC16	6	4,89	0,95	19	0,099	0,039	39
Aleas	2013	AC22	12	4,48	1,07	24	0,074	0,029	39
Aleas	2013	BBTM 11B	8	6,82	3,82	56	0,092	0,056	61
Aleas	2012	AC16	7	3,46	1,17	34	0,062	0,012	19
Dip Alava	2014	BBTM 11A BM3C	7	4,74	1,01	21	0,054	0,02	37
Dip Alava	2014	BBTM 11A BM3C	7	4,72	1,00	21	0,054	0,014	26

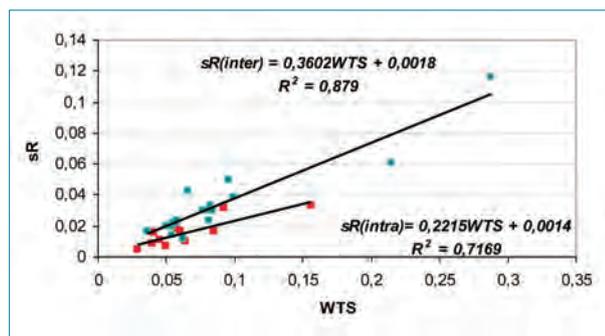


Figura 11. Comparación de la precisión obtenida en pruebas intralaboratorio e interlaboratorio, para WTS.

- Los resultados obtenidos en un laboratorio de los que realizaron su validación ( $R=0,04$ ) estarían entre 0,05 y 0,09.

La conclusión general es que en el estado actual del método los valores de reproducibilidad son muy altos, y hacen difícil la toma de decisiones, tanto para comparar los resul-

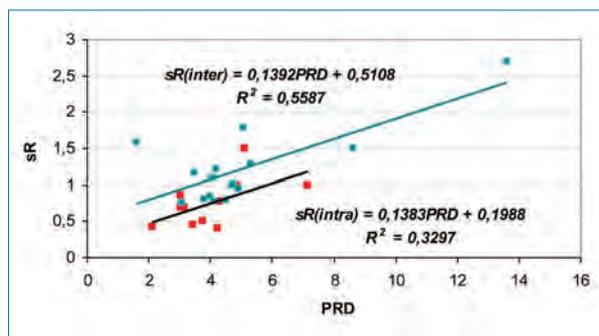


Figura 12. Comparación de la precisión obtenida en pruebas intralaboratorio e interlaboratorio, para PRD.

Tabla 5.- Coeficientes de variación medios obtenidos PRD y WTS en condiciones de reproducibilidad intralaboratorio e interlaboratorios.

	% CV <sub>R</sub> (PRD)	% CV <sub>R</sub> (WTS)
Intralaboratorio	18	25
Interlaboratorio	23	39

**tados obtenidos en diferentes laboratorios como en relación con el cumplimiento de especificaciones.** Con esto no se pretende decir que sea un método de ensayo inadecuado, pero sí que cuando se obtenga algún resultado fuera de las especificaciones actuales no debe valorarse a priori como un incumplimiento de sus propiedades, y si en cambio como una alerta para intensificar el control sobre este parámetro y así verificar su conformidad, en este caso para deformaciones plásticas. Por tanto, es necesario seguir trabajando para mejorar los valores de precisión.

Algunos estudios sugieren que los requisitos solicitados para el ensayo de rodadura según EN 12697-22 son más estrictos que los anteriores según NLT-173. Estos estudios indican los valores de WTS equivalentes a las anteriores prescripciones ( $12 \mu\text{m}/\text{min}$ ) serían del orden de 0,150 a 0,190  $\text{mm}/10^3$  ciclos [11] [16].

### 6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la inestimable colaboración de los siguientes empresas y administraciones públicas: Acciona, Asfaltos y Construcciones Elsan, Becsa, CEDEX, Centro Regional de Control de Calidad de la Junta de Castilla y León, Cepsa-Proas, Collosa, CIESM, Ditecpesa, Eiffage (plantas de Madrid, Sevilla y Valencia), Grupo Campezo, Intemac, Laboratorio General de la Diputación de Alava, Laboratorio de la Dirección General de Carreteras de la Región de Murcia, Los Serrano, Pavasal, PAS, Probisa, Repsol, Sacyr, Sorigué. En la fabricación de las muestras han participado las siguientes plantas: Eiffage Madrid, Los Serrano (Abanilla, Murcia), Asfaltos San Felices (Logroño), Asfaltos Vicalvaro (Alovera, Guadalajara), Tecnofirmes (Alcover, Tarragona)

### 7. Referencias bibliográficas

- [1] Calvo, C., Loma J., Peña J.L. (2017). "Deformación plástica de las mezclas bituminosas. Métodos de caracterización y aplicabilidad en las obra". Asfalto y Pavimentación nº 24. pp. 19-27
- [2] Suo, Z., Wong, W.G. (2009). "Nonlinear properties analysis of rutting behavior of bituminous materials with different air void contents". Construction and Building Materials, 23(12), pp.3492-3498
- [3] Padilla Rodríguez, A. (2004). "Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista". Tesina Universidad Politécnica de Cataluña
- [4] Garnica, P., Delgado H., Sandoval, C (2005). "Análisis de varianza del efecto de algunos factores que influyen en la deformación permanente de mezclas asfálticas". Publicación Técnica nº 272. Instituto Mexicano del Transporte
- [5] Chen, J.S., Wong, S.Y., Lin, K.Y.(2005). "Quantification of movement of flat and elongated particles in hot mix asphalt subject to wheel load test". Materials and Structures, 38(277), pp. 395-402.
- [6] Ruiz Rubio, A., Pérez Barreno, I. (2002). "Influencia de los betunes en las deformaciones plásticas de las mezclas bituminosa. Estudio realizado por el Foro de Ligan-tes Bituminosos" Monografía M-72. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)
- [7] Lu, X., Redelius, P. (2007). "Effect of bitumen wax on asphalt mixture performance". Construction and Building Materials, 21(11), pp.1961-1970
- [8] Morea, F., Agnusdei, J.O., Zervino, R. (2011). "The use of asphalt low shear viscosity to predict permanent deformation of asphalt concrete". Materials and Structures, 44(7), pp. 1241-1248
- [9] Banerjee, A., de Fortier, A., Prozzi, J.A. (2012). "Influence of operational tolerances on HMA performance". Construction and Building Materials, 27(1), pp.15-23
- [10] Bonnot, J. (1983). "Essais mécaniques pratiques de formulation et de contrôle des enrobés bitumineux". RILEM, Rapport General, BLLPC 132
- [11] García Travé, G.M. (2012) "Análisis comparativo del comportamiento mecánico de mezclas bituminosas. Normativa NLT - Normativa UNE-EN" Tesis doctoral. Universidad de Granada
- [12] Guía para la estimación de la incertidumbre en métodos de ensayo de control de mezclas bituminosas". 2015. Asefma
- [13] Puchard, Z; Görgeny, A. Repeatability and Reproducibility of wheel-tracking tests. %th Euroasphalt & Eurobitume Congress. Istanbul, June 2012
- [14] NCHRP (2014) Project 10-87 Precision estimates of AASHTO T 324, "Hamburg Wheel-track testing of compacted hot mix Asphalt (HMA)"

- [15] Guo, R., Prozzi, A. (2009). A statistical analysis of Hamburg Wheel Tracking Device testing results. Road materials and pavement design, 327- 335
- [16] Angelone, S., Martínez, F.O, Nosetti, R.A. 2015. "Análisis de límites de aceptación de una mezclas asfáltica en el ensayo de rueda cargada". Proceedings Congreso Iberoamericano del Asfalto. Bariloche (Argentina). pp 1461-1472

Normas citadas:

- UNE-EN 12697-22:2008+A1:2008. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 22: ensayo de rodadura.
- UNE-EN 12697-33:2006+A1:2007. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa.
- UNE-EN 13108-1:2008. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.
- UNE 82009-2: 1999. Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y reproducibilidad de un método de medición normalizado.
- ISO 13528 :2005. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- NLT 173/00. Resistencia a la deformación plástica de las mezclas bituminosas mediante la pista de ensayo de laboratorio. Normas NLT de ensayo de carreteras. Cedex, 2000

#58

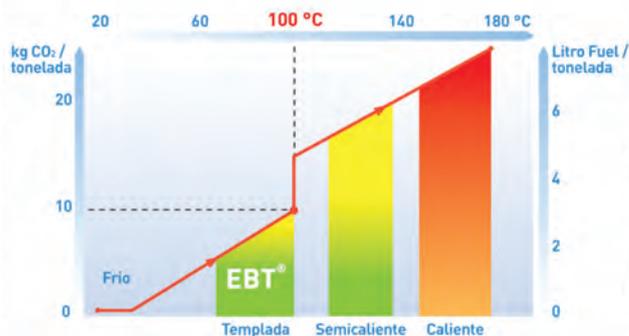
## AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

**“Un IRI peor en 1 m/km genera mayor consumo en camiones en un 1% (2% a baja velocidad). Un mantenimiento regular con mezclas asfálticas evita ese aumento de GEI” (EAPA-Road pavement industries highlight huge CO2 savings, Número 23)**

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE

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

Crédito foto : Getty Images, arennaz\*



## 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**

 EIFFAGE  
**RUS**

 EIFFAGE  
**TRIALSA**

 EIFFAGE  
**PANASFALTO**

 EIFFAGE  
**LOS SERRANOS**

# Respuesta micromecánica del asfalto mediante AFM

José Pablo Aguiar Moya, jose.aguiar@ucr.ac.cr  
Jorge Salazar Delgado, jose.aguiar@ucr.ac.cr

Luis Guillermo Loria Salazar, jose.aguiar@ucr.ac.cr  
Universidad de Costa Rica

Las teorías más recientes clasifican el asfalto como una matriz continua, donde asociaciones de moléculas polares (asfaltenos y resinas) se dispersan en un fluido de moléculas de menor peso molecular y polaridad (aromáticos y saturados). Por tanto, para entender mejor el comportamiento del asfalto se analizaron las distintas fracciones del asfalto mediante el microscopio de fuerza atómica (AFM), utilizando el modo de fuerza pulsada (PFM), el cual permite realizar mediciones nano-mecánicas al material. El análisis está limitado a una fuente de asfalto PG64-22, comúnmente utilizado en Costa Rica. El ligante asfáltico analizado fue verificado como un asfalto multi-fase que exhibe cuatro distintas fases claramente definidas: la para-fase que sirve como medio dispersante a la catana-fase (estructuras tipo "abeja"), la per-fase (área que envuelve a la catana-fase) y la sal-fase (fase dispersa de menor tamaño). Como parte del análisis se realizaron mediciones de topografía, rigidez, adhesión y fuerza máxima en cada una de las distintas fases del material, así como en el asfalto de origen. Se observó que el mayor aporte en rigidez está asociado a los componentes polares, mientras que la adhesividad está asociada principalmente a los componentes no polares. No obstante, los componentes polares también aportan a esta propiedad del asfalto. Las mediciones también fueron realizadas como función del tiempo, para determinar la variabilidad temporal de los componentes e identificar si dichas propiedades varían después de la preparación de las muestras. Finalmente, el análisis se complementó con una caracterización de los componentes mediante espectroscopía infrarroja (FTIR), para identificar que componentes pueden estar asociados al comportamiento mecánico cuantificado en cada una de las fracciones, y con un análisis de cromatografía poder correlacionar la composición SARA del asfalto, con el comportamiento mecánico del material completo.

**Palabras clave:** morfología del asfalto, SARA, AFM, modo fuerza pulsada, FTIR

More recent theories classify asphalt as a continuous matrix, where associations of polar molecules (asphaltenes and resins) are dispersed in a fluid of molecules of lower molecular weight and polarity (aromatic and saturated). Therefore, to better understand the behaviour of the asphalt, the different fractions of asphalt were analyzed under atomic force microscopy (AFM), using the pulsed force mode (PFM), which allows for nanomechanical measurements of the material. The analysis is limited to an asphalt source PG64-22, commonly used in Costa Rica. The analyzed asphalt binder was identified as a multi-phase type asphalt binder that exhibits four distinct phases: the para-phase which serves as a dispersing medium to the catana-phase ("bee" structure), the per-phase (area surrounding the catana-phase), as well as the sal-phase (smaller dispersed phase). As part of the analysis, measurements of topography, stiffness, adhesion and maximum strength were carried out at each of the different phases of the material, as well as of the origin asphalt. It was observed that major stiffness is associated with polar components, whereas adhesion is mainly associated with nonpolar components. However, the polar components also contribute to this asphalt characteristic. Measurements were also performed in relation to time, to determine the temporal variability of the components and to check whether these characteristics vary after sample preparation. Finally, the analysis was complemented with a characterization of the components by means of infrared spectroscopy (FTIR) to identify which components are possibly associated with mechanical behaviour, quantified in each of the fractions, and to enable correlation, by means of chromatographic analysis, of the SARA fractions of asphalt, to the mechanical behaviour of the full product.

**Keywords:** asphalt morphology, SARA, AFM, pulsed force mode, FTIR

## Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón

### 1. Introducción

El asfalto es un material de color marrón oscuro a negro sólido o semi-sólido según la temperatura ambiente en el que los constituyentes predominantes son bitúmenes, estos se producen en la naturaleza o se obtienen del procesamiento (Refinación) del petróleo [1].

La estructura del asfalto es generalmente considerada como un sistema coloidal donde componentes de alto peso molecular (asfaltenos) son disueltos en una matriz aceitosa de menor peso molecular (maltenos) [2]. Los maltenos normalmente se subdividen en saturados, aromáticos y resinas con base en la composición y polaridad del material. Para estudiar estas fracciones del asfalto se utiliza el fraccionamiento SARA, una técnica cromatográfica donde se utilizan solventes específicos y como fase estacionaria óxido de aluminio para separar la muestra por peso molecular, en las cuatro familias previamente citadas: saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos [3].

En aras de analizar la microestructura del asfalto y sus fracciones se puede utilizar la Microscopía de Fuerza Atómica (AFM por sus siglas en inglés), un equipo instrumental que realiza mediciones de orden nanométrico, y permite generar imágenes mediante el barrido e interacción de una pequeña punta (Tip) sobre la superficie de la muestra, logrando así determinar las características topográficas y de fases del material, [4]. En la Figura 1, se puede apreciar el equipo utilizado. Además de la información topográfica de alta resolución, las propiedades del material tales como la adhesión y la rigidez así como otras propiedades pueden ser investigadas mediante el análisis de fuerzas de la interacción punta-muestra [2].

Como se aprecia en la Figura 2, el funcionamiento del AFM requiere de una interacción entre todas sus partes. Estas son: el foto-detector de 4 cuadrantes, la punta, el cantilever,

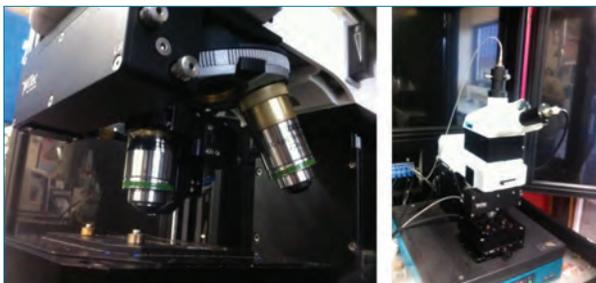


Figura 1 Microscopio de Fuerza Atómica (LanammeUCR, Witec Alpha 300).

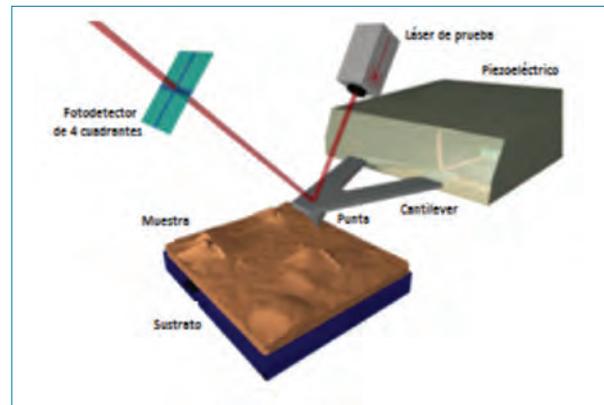


Figura 2. Funcionamiento del AFM. Fuente: Witec, modificado por autores.

el piezoeléctrico y el láser. El funcionamiento consiste en que la punta realice un barrido de la muestra y pueda determinar la topografía y propiedades micro-mecánicas del material en estudio, mediante desviaciones del láser en el fotodetector. Durante la medición el sustrato se encuentra sujeto a una mesa anti-vibratoria y dentro de una cámara diseñada para reducir la interacción del entorno.

El AFM cuenta con distintos modos de medición, entre ellos están: el modo de contacto, el modo de no contacto y el modo de contacto intermitente. En el barrido en modo contacto la punta se une al final del cantiléver con una baja constante de resorte, menor que la constante de resorte efectiva que mantienen los átomos de la muestra y conforme la punta barre la superficie, la fuerza de contacto origina la deflexión del cantiléver de modo que éste se adapta a la superficie topográfica de la muestra, la fuerza entre punta y muestra se mantiene constante. La deflexión de la punta estática se utiliza como una señal de retroalimentación. La fuerza de adhesión es una fuerza fundamental en el modo contacto. Se puede trabajar en modo de fuerza constante o modo de altura constante [5].

En modo de no contacto se excita el cantiléver cerca de su frecuencia de resonancia de modo que vibre cerca de la superficie de la muestra, a una distancia comprendida entre  $10 \text{ \AA}$  y  $100 \text{ \AA}$ . Esta técnica se utiliza cuando no se quiere deteriorar la superficie a medir o para muestras muy adhesivas o pegajosas. El cantiléver vibra a frecuencias de 100 a 400 kHz y amplitudes de  $10 \text{ \AA}$  a  $100 \text{ \AA}$ , y conforme se acerca la punta a la superficie se detectan cambios en la frecuencia de resonancia o en la amplitud, con una resolución vertical por debajo del  $\text{Å}$  [5].

En el modo de contacto intermitente, la punta está en intermitente contacto con la superficie a la vez que la barre, porque uno de los problemas que presenta la técnica AFM es el deterioro que ocasiona en algunas muestras por el arrastre continuo de la punta sobre la superficie de la muestra. En esta aplicación, la variación de la amplitud de oscilación de la punta, debida a la amortiguación sobre la superficie es lo que se utiliza como señal de control [5].

Cada uno de estos modos de medición tiene sus beneficios y limitaciones, es importante elegir el modo más adecuado a la hora de una medición, para el caso de este estudio se utiliza el modo de contacto intermitente por las ventajas señaladas.

## 2. Caracterización del Asfalto con AFM

Entre las propiedades físicas y micromecánicas más importantes que se logran determinar mediante el uso de Microscopía de Fuerza Atómica están: la penetración máxima y la fuerza relacionada a esta, la adhesividad, el trabajo por adhesión, la rigidez y la respuesta viscoelástica [6]. Según Yu [7], la fuerza de adhesión de los componentes del asfalto es una de las propiedades fundamentales que afectan el rendimiento del asfalto en el pavimento. El AFM es uno de los pocos métodos que son capaces de medir la adherencia de los componentes de asfalto en escalas nano y micro (propiedad micro-mecánica fundamental del material).

Adicionalmente, el AFM permite caracterizar los procesos que contribuyen al envejecimiento: el endurecimiento oxidativo, la pérdida de componentes volátiles y la exudación, que es la migración de componentes aceitosos desde el asfalto hacia el agregado. Estos procesos se presentan en el asfalto de una manera irreversible y se dan a raíz de cambios físico-químicos de sus componentes individuales [8]. En relación a lo anterior se ha determinado el mecanismo de oxidación y la formación de grupos funcionales polares con contenido de oxígeno en las moléculas del asfalto, causando un incremento en sus interacciones. Lo anterior genera un incremento considerable de rigidez que puede llevar al agrietamiento [9].

A pesar de las capacidades de la técnica, la misma aún es de reciente introducción en el área de asfaltos por lo que existe cierto nivel de discusión en cuanto a la morfología del material y sus propiedades micro-mecánicas. Jäger et al. [10],

propone que las propiedades mecánicas de los diferentes componentes deben considerarse para establecer la interacción entre la química y la mecánica de las cuatro fracciones del asfalto. Se resalta que los asfaltenos y resinas se comportan como un material sólido, resultando en un aumento de la rigidez y que por lo tanto, estas moléculas de mayor tamaño parecen aportar la mayor rigidez al asfalto.

Masson et al. [11] usa el modo de detección de fase en AFM para describir cuatro fases fundamentales en el asfalto que se denominaron catana-fase (estructura tipo "abeja"), per-fase (alrededor de la catana-fase), para-fase (regiones disueltas) y sal-fase (zona de más alto contraste). Según Masson et al. [11], la per-fase es la región oscura que rodea a los asfaltenos, esta fase corresponde a las resinas que son los compuestos más polares de los maltenos y de menor dureza que los asfaltenos.

En lo anterior, el autor hace la suposición que la catana-fase corresponde a los asfaltenos. En este aspecto, Aguiar et al. [2] difiere en que los asfaltenos no están asociados directamente a la catana-fase. Por su parte, Lesueur [12] resalta que la per-fase (asociada a los componentes polares de los maltenos) es la responsable de estabilizar químicamente los asfaltenos: se ha establecido que las resinas forman micelas junto con los asfaltenos, estas micelas se dispersan por todo el material, formando una estructura coloidal.

Pauli et al. [13] sugiere también que las hipótesis correspondientes a la proveniencia de las estructuras tipo abeja no eran válidas y brindó una nueva hipótesis: la cera es el componente estructural de la estructura tipo abeja, concluyendo así que la interacción entre las ceras de parafina y los componentes restantes que constituyen el asfalto son los responsables de la microestructura del mismo, incluyendo la estructura tipo abeja.

Por su parte, Jäger et al. [11] y Aguiar et al. [2] concuerdan en que las estructuras tipo "abeja" observadas en la superficie del bitumen se caracterizan por un aumento de la penetración de la punta de AFM en el bitumen e indica que las partes más rígidas de la matriz están interconectadas y que una posible explicación viene dada por la disposición espacial de las micelas.

Wu et al. [14], Zhang et al. [15] y Gamarra [16] reportaron un aumento significativo en la cantidad de estructuras tipo abeja en muestras sometidas a procesos de termooxidación, lo que sugiere también que la formación de estas

## Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón

estructuras no está directamente relacionada con la presencia de ceras o átomos metálicos en el material. En este sentido, existe un importante debate sobre los mecanismos de formación de las abejas en el asfalto, ya que el asfalto tiene una tendencia a la separación en sus fases bajo ciertas condiciones [17].

Yu et al. [18] propone que la microestructura de los bitúmenes se desarrolla dependiendo de las fuentes de crudo, el método de preparación de la muestra, y la historia térmica. Apunta además que el origen de las estructuras tipo abeja apuntan a la interacción entre las ceras cristalizadas y los componentes químicos que quedan en el asfalto. Yu et al. [18] describe que los efectos de los asfaltenos y trazas de metales sobre la microestructura del bitumen no pueden ser excluidas debido a las asociaciones intermoleculares complejas en el bitumen (de co-precipitación de ceras y/o metaloporfirinas en asfaltenos). La teoría del arrugamiento superficial, la cual explica las estructuras corrugadas observadas en los cristales poliméricos, podría explicar el origen de las estructuras tipo abeja en películas delgadas de asfalto. Adicionalmente se indica que el AFM estudia principalmente microestructuras superficiales de bitumen, y que estas no representan necesariamente la disposición tridimensional de las diferentes fases dentro del asfalto.

### 3. Comportamiento Micro-Mecánico del Asfalto

Allen et al. [19] evaluó las propiedades de ligantes asfálticos y la influencia del envejecimiento oxidativo en estas propiedades utilizando AFM. Con nano-indentación determinó propiedades micromecánicas tales como rigidez, adherencia y comportamiento elástico-plástico. La forma y el alcance de estos cambios, sin embargo, fueron diferentes para cada uno de los asfaltos. Interpretación de los datos recogidos a partir de los experimentos de AFM en este estudio avanza la comprensión de la composición microestructural de aglutinantes de asfalto y la respuesta de las fases microestructurales del aglutinante de asfalto bajo carga, además de cómo las respuestas mecánicas en las fracciones cambian con el envejecimiento.

Dourado et al. [6] empleó AFM para relacionar las características observadas en la superficie de un asfalto 50/70 aglutinante de acuerdo con su rigidez local y recuperación elástica. Identaciones se realizaron en diferentes puntos de la

superficie y se observó una variación significativa de elasticidad entre los puntos de la llamada estructura de abeja y la matriz. Se observó que la recuperación elástica es muy dependiente de la estructura coloidal de la abeja. El estado final de la superficie del aglutinante cerca de la abeja, para las abejas habituales no es la misma que la inicial lo que indica deformación plástica severa. También, la fase permanente cambió, se observaron puntos brillantes en los no bien estructurados arreglos de abejas, y además un endurecimiento de la superficie fue observado en la región de abeja.

Allen et al. [20] indica que la microscopía de fuerza atómica (AFM) se puede utilizar para determinar los módulos de relajación de distribuciones bimodales y trimodales de microfases de asfalto para evaluar las diferencias entre el comportamiento viscoelástico. Basado en la comparación de las propiedades viscoelásticas de varios compuestos analizados, se evidencia que los valores del módulo de relajación disminuyen a medida que aumenta la escala de análisis y que esto sirve como base para los estudios en curso en las áreas de nanomodificación de asfalto, mapeo químico y modelación del nano-daño utilizando el AFM.

Yu et al. [18] sugiere que los resultados AFM deben compararse con otras mediciones a nanoescala tales como nanoindentación o análisis mecánico dinámico. Así, las relaciones entre las microestructuras y las propiedades mecánicas y químicas del bitumen podrían establecerse, y por ende un modelo relacionado con la estructura de las propiedades mecánicas del ligante asfáltico podría desarrollarse.

Nazzal et al. [21] utiliza varias técnicas de AFM para estudiar los efectos de mezclas tibias (WMA) en la nanoestructura y la microestructura, así como las propiedades adhesivas y cohesivas de un aglutinante de asfalto. Se observaron efectos en la nano-adhesividad de los ligantes asfálticos cuando estos fueron modificados con los aditivos para producción de WMA: cambios en las fuerzas de cohesión a nanoescala dentro de los ligantes asfálticos considerados sobre la humedad, lo que indica que estos podrían afectar negativamente los enlaces cohesivos dentro del ligante asfáltico.

Menapace et al. [22] mediante el uso de AFM realizó un análisis microestructural de asfaltos originales y sus respectivas mezclas con la adición de Advera® y Sasobit®, antes y después del envejecimiento RTFO y PAV. El envejecimiento de asfaltos originales generalmente aumentó el tamaño de las estructuras "abeja" y el efecto del envejecimiento sobre la

morfología de la microestructura de los asfaltos WMA se encontró que era insignificante. Sin embargo, el envejecimiento afectó las propiedades mecánicas sin variaciones en morfología. Sasobit® cambió la microestructura de los asfaltos originales considerablemente, mientras Advera® no fue afectado. Esto podría indicar una menor movilidad de las especies que forman microestructuras en muestras envejecidas. La movilidad reducida de estas especies durante el tratamiento térmico también afecta a la microestructura de las muestras.

#### 4. Objetivos

El siguiente estudio busca relacionar la morfología y propiedades mecánicas del asfalto, según mediciones de topografía, adhesión y rigidez, con la respuesta mecánica del material a nivel nanométrico. Adicionalmente, se realiza un esfuerzo para caracterizar mecánicamente las estructuras tipo "abeja".

Para cuantificar la respuesta del asfalto a esta escala, se busca también determinar el comportamiento de los componentes principales del asfalto: asfaltenos y maltenos (Saturados, Aromáticos y Resinas), según una separación cromatográfica del material.

Mediante la técnica de FTIR evidenciar la probabilidad de centros activos susceptibles a la oxidación en la fracción de asfaltenos y en la de los maltenos comparando sus espectros con el asfalto de origen.

#### 5. Material

El asfalto utilizado en este estudio corresponde a un asfalto PG64-22 (AC-30) obtenido de la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). Corresponde al asfalto de uso común en el país. A manera de caracterización, es un asfalto rico en asfaltenos. Según la cromatografía de columna (ASTM 4124) las fracciones SARA del asfalto son: saturados ( $7,3 \pm 0,3$  %), aromáticos ( $43,5 \pm 0,7$  %), resinas ( $33,5 \pm 0,8$  %) y asfaltenos ( $16,6 \pm 0,5$  %). El asfalto presenta un Índice de estabilidad coloidal de 0,3.

Para efectos del estudio, el asfalto se evaluó íntegramente, así como en sus componentes asfaltenos y maltenos. Los componentes de los maltenos también fueron evaluados independientemente: saturados, aromáticos y resinas. El análisis en los saturados se eliminó del esquema experimental de-

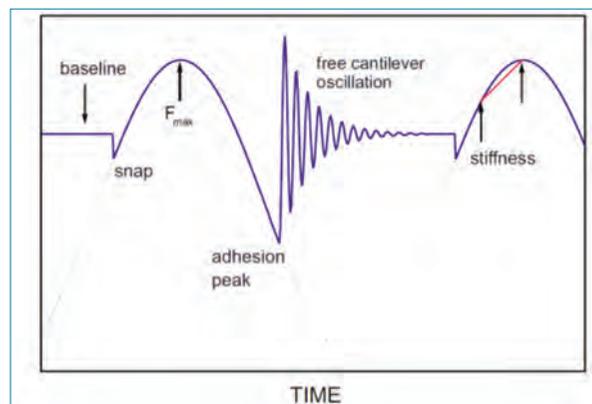


Figura 3. Operación PFM. Fuente: Witec, modificado por autores.

bido a la baja viscosidad del mismo, lo que generó problemas en las mediciones.

#### 6. Mediciones con AFM

El análisis se realizó utilizando un AFM Witec Alpha 300 en modo de fuerza pulsada (PFM). El PFM corresponde a un modo no resonante intermitente de contacto, con el que se evita el daño de la superficie que puede resultar de operar en modo de contacto en muestras suaves y permite la medición de propiedades adicionales a la topografía y fase espacialmente: rigidez local, la adhesión, carga máxima, la viscosidad, la disipación de energía, tiempo de contacto, las fuerzas de largo alcance, etc. El funcionamiento del PFM se muestra en la Figura 3.

El PFM se puede hacer a tasas normales de exploración, porque el sistema funciona a velocidades de hasta varios miles de píxeles por segundo. La electrónica del PFM incluye un sistema de adquisición de datos de alta velocidad, un generador de modulación libremente programable y un módulo de evaluación de datos en tiempo real.

Las muestras analizadas se prepararon colocando una película del material en vidrio porta-objeto y el caso de las muestras cristalinas (asfaltenos y resinas) con la ayuda de un solvente en vidrios porta-objeto para analizar el material. El solvente utilizado corresponde a tricloroetileno (TCE), el cual se evaporó a temperatura ambiente. Lo anterior se indica pues las mediciones de AFM pueden ser susceptibles al método de preparación de la muestra: solvente vs temperatura [11]. La función del solvente es fijar el material cristalino al vidrio-portaobjeto para que no se mueva durante el barrido en modo PFM.

## Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón

La Figura 4 muestra las mediciones PFM para el asfalto PG64-22. En la figura se muestra la topografía del material, así como la adhesión, la rigidez y la fuerza máxima (indicador del material a la nano-indentación) que experimenta el material bajo las condiciones de ensayo.

En todas las imágenes es posible identificar la morfología del material. El mismo corresponde a un asfalto de 4 fases (multifase): sal-fase, para-fase, per-fase y catana-fase. La catana-fase corresponde a las estructuras tipo "abeja" y la per-fase corresponde a la fase que rodea la catana-fase. La para-fase es la matriz o continuo donde se ubican la catana- y per-fase. La sal-fase son partículas segregadas de menor tamaño en la para-fase.

De la comparación de las imágenes de rigidez y adhesión se puede observar que en general, el mayor aporte a la adhesión lo brindan las estructuras tipo "abeja". No obstante, la adhesividad es aportada por la parte alta de dichas estructuras. Los valles entre pico y pico de la catana-fase aportan poco a la adhesividad. Sin embargo, estas partes poco adhesivas de la catana-fase son la que brindan un aporte significativo a la rigidez del asfalto. Esto refuerza la teoría presentada por Aguiar-Moya et al. [2] donde se propone que la catana-fase está asociada a los aromáticos y no a los asfaltenos (fase cristalina altamente polar). En promedio se tiene que la rigidez del asfalto es de 0,52 N/m ( $\sigma = 0,22$  N/m) y la adhesividad es de 18,85 nN ( $\sigma = 13,01$  nN).

Para confirmar la observación anterior se procede a realizar mediciones tanto en los asfaltenos como en los maltenos. Los resultados de los asfaltenos se presentan en la Figura 5 y los de los maltenos en la Figura 6. A pesar que se muestra únicamen-

te una imagen para cada uno de los componentes, como mínimo se realizaron 2 mediciones en muestras distintas para cada componente de manera que se asegurara que la muestra mostrada es representativa del componente del asfalto en análisis.

De las figuras se evidencia el comportamiento que se espera de los componentes del asfalto. Para el caso de los asfaltenos, se observa la sol-fase y parte de la para-fase. En los maltenos, es posible observar, adicional a la para-fase, una per-fase muy evidente y estructuras precursoras de la catana-fase. Adicional a la morfología, se cuantificaron los aportes de rigidez y adhesividad de ambos componentes. En el caso de los asfaltenos, el aporte en rigidez es importante ( $\mu = 1,06$  N/m,  $\sigma = 0,20$  N/m), lo cual es de esperar de estas estructuras cristalinas. Asimismo, el aporte adhesivo de los asfaltenos es uniforme ( $\mu = 10,53$  nN,  $\sigma = 7,08$  nN).

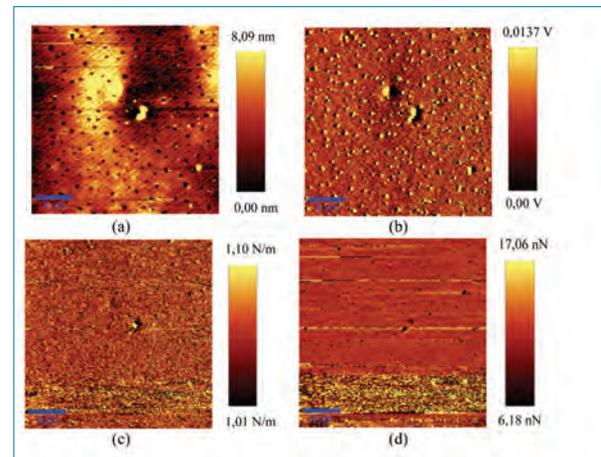


Figura 5 Mediciones PFM de asfaltenos en asfalto PG64-22: a) topografía, b) fuerza máxima, c) rigidez y d) adhesión.

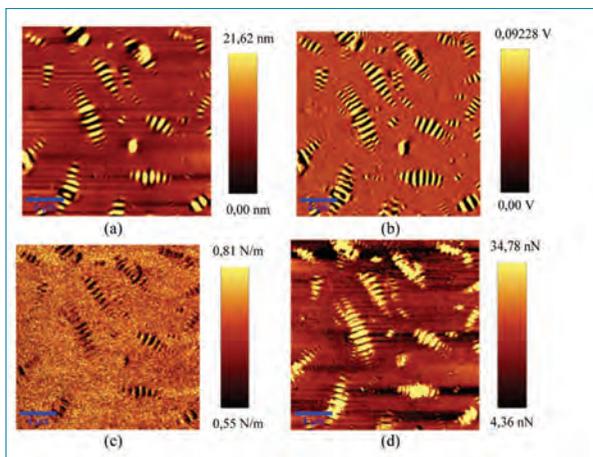


Figura 4 Mediciones PFM del asfalto PG64-22: a) topografía, b) fuerza máxima, c) rigidez y d) adhesión.

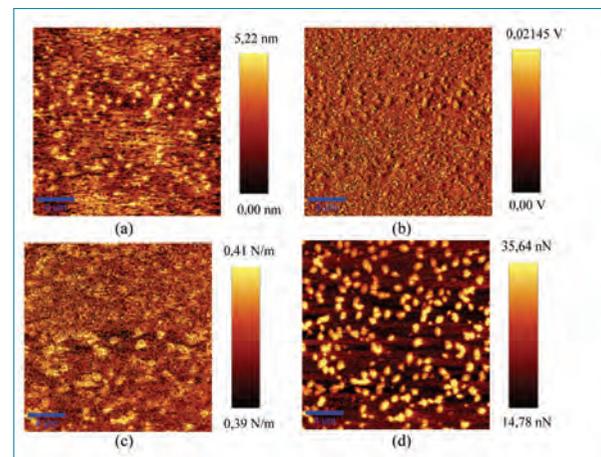


Figura 6 Mediciones PFM de maltenos en asfalto PG64-22: a) topografía, b) fuerza máxima, c) rigidez y d) adhesión.

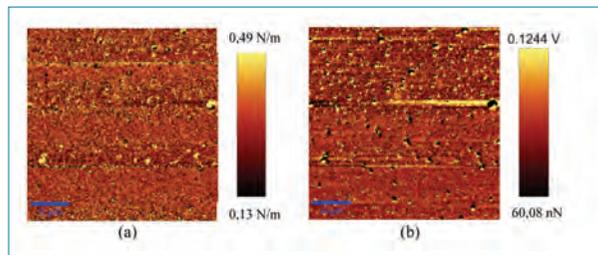


Figura 7 Mediciones PFM de resinas en asfalto PG64-22: a) rigidez y b) adhesión.

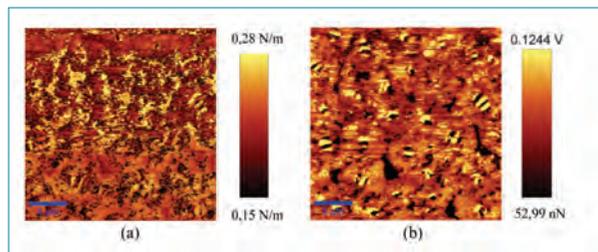


Figura 8 Mediciones PFM de aromáticos en asfalto PG64-22: a) rigidez y b) adhesión.

Para el caso de los maltenos, se observan una mayor variación en cuanto a rigidez y adhesividad, esto se espera por la composición heterogénea de los mismos. La rigidez promedio se cuantificó en 0,40 N/m ( $\sigma = 0,19$  N/m), nótese que es del orden del 38% la rigidez de los asfaltenos. Por su parte, el aporte adhesivo de los maltenos es también variable con un promedio de 25,21 nN ( $\sigma = 12,50$  nN), lo que corresponde a aproximadamente 2,39 veces la adhesividad que presentan los asfaltenos. Esto confirma que el aporte en adhesividad del asfalto está asociado principalmente a los maltenos.

Se espera que el aporte adhesivo de los maltenos esté asociado principalmente a los componentes polares (ej. Los aromáticos y en menor grado a las resinas). Esto se verifica mediante el análisis PFM del aporte adhesivo de dichos componentes. Los resultados se presentan en las Figuras 7 y 8.

Las figuras permiten comprobar la existencia de estructuras tipo “abeja” en los aromáticos y la sol-fase en las resinas (morfológicamente presentan una composición similar a la de los asfaltenos, reforzando así la afinidad que existe entre estos componentes). En cuanto a adhesividad, las resinas presentan un valor promedio de 62,86 nN ( $\sigma = 11,30$  nN) y los aromáticos de 67,80 nN ( $\sigma = 8,02$  nN). Por tanto, el mayor aporte a la adhesividad es brindado por los aromáticos y principalmente por los anillos de las estructuras tipo “abeja”, según se observó también en el asfalto PG64-22.

## 7 Análisis FTIR

Espectrometría Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) es una técnica utilizada para identificar y cuantificar intensidad de las bandas de absorción debido a los movimientos vibracionales de las moléculas de compuestos conocidos y desconocidos. La radiación infrarroja pasa a través de una muestra; parte de la misma es absorbida por la muestra y el restante es transmitido por la misma. El espectro resultante representa la absorción y transmisión molecular, generando así una huella molecular de la muestra.

La Figura 9 muestra los espectros FTIR del asfalto y los dos componentes estudiados (asfaltenos y maltenos). Las bandas características para las diferentes fracciones se resumen en la Tabla 1. Las diferencias en los componentes están resaltadas con respecto al asfalto PG64-22. Los asfaltenos corresponden a una fracción importante de compuestos aromáticos polares complejos que son altamente insolubles en solventes parafínicos como n-heptano y que son sólidos a temperatura ambiente. Por los tipos de interacción que presentan. Por su parte los maltenos son los compuestos del ligante asfáltico que son solubles en n-heptano y están conformados por las restantes fracciones del asfalto ya antes mencionadas. Son grupos de compuestos desde muy polares hasta no polares de color marrón o marrón claro, semisólidos a temperatura ambiente, con la misma naturaleza química que los asfaltenos. Están compuestos en su gran mayoría de átomos de carbono e hidrogeno y en menos concentración, nitrógeno, azufre y oxígeno. Tradicionalmente, se considera que las resinas son materiales muy adhesivos y actúan como dispersante o agente peptizante de los asfaltenos. Los

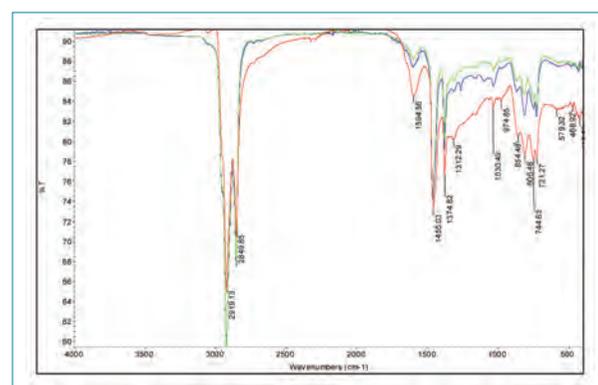


Figura 9 Análisis FTIR del asfalto y sus componentes (Azul=asfalto PG64-22, Rojo=asfaltenos, Verde=maltenos).

## Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón

Tabla 1 Análisis FTIR de asfalto y componentes.

Número de onda (cm <sup>-1</sup> )	Asfalto PG64-22	Asfaltenos	Maltenos
2851- 2920	Bandas de alta intensidad de grupos CH <sub>2</sub> y CH <sub>3</sub> (Hidrocarburos saturados)	Bandas de alta intensidad de grupos CH <sub>2</sub> y CH <sub>3</sub> (Hidrocarburos saturados)	Bandas de alta intensidad de grupos CH <sub>2</sub> y CH <sub>3</sub> (Hidrocarburos saturados)
1600	Bandas de baja intensidad de C=C (Ar) (Hidrocarburos aromáticos)	Bandas de mediana intensidad de C=C (Ar) (Hidrocarburos aromáticos) <b>Intensificados</b>	Bandas de baja intensidad de C=C (Ar) (Hidrocarburos aromáticos)
1500	Bandas de mediana intensidad de C=C (Ar) (Hidrocarburos aromáticos)	Bandas de mediana intensidad de C=C (Ar) (Hidrocarburos aromáticos)	Bandas de mediana intensidad de C=C (Ar) (Hidrocarburos aromáticos) <b>Menor intensidad – posiblemente combinado con banda 1460 cm<sup>-1</sup></b>
1450	Banda de mediana intensidad de grupos CH <sub>2</sub> y CH <sub>3</sub> (Hidrocarburos saturados)	Banda de mediana intensidad de grupos CH <sub>2</sub> y CH <sub>3</sub> (Hidrocarburos saturados)	Banda de mediana intensidad de grupos CH <sub>2</sub> y CH <sub>3</sub> (Hidrocarburos saturados)
1340	Banda de mediana intensidad de C-N (Aminas aromáticas)	Banda de mediana intensidad de C-N (Aminas aromáticas)	Banda de mediana intensidad de C-N (Aminas aromáticas)
1170	Banda de baja intensidad de R-O-Ar (Alkil aril éteres)	Banda de baja intensidad de R-O-Ar (Alkil aril éteres)	Banda de baja intensidad de R-O-Ar (Alkil aril éteres)
1050	Banda de intensidad baja relacionada con los grupos sulfoxidos	Banda de intensidad baja relacionada con los grupos sulfoxidos	Banda de intensidad baja relacionada con los grupos sulfoxidos
1030	Banda de baja intensidad de R-O-Ar (Alkil aril éteres)	Banda de baja intensidad de R-O-Ar (Alkil aril éteres)	Banda de baja intensidad de R-O-Ar (Alkil aril éteres)
750	Banda de baja intensidad de C-H - meta (Compuestos aromáticos)	Banda de baja intensidad de C-H - meta (Compuestos aromáticos) <b>Menor intensidad</b>	Banda de baja intensidad de C-H - meta (Compuestos aromáticos) <b>Mayor intensidad</b>
720	Banda de baja intensidad de C-H - para (Compuestos aromáticos)	Banda de baja intensidad de C-H - para (Compuestos aromáticos) <b>Menor intensidad</b>	Banda de baja intensidad de C-H - para (Compuestos aromáticos) <b>Mayor intensidad</b>

compuestos aromáticos representan un contenido muy alto en los ligantes asfálticos, cerca del 40 % al 60 % y debido a su polaridad y bajo peso molecular se cree que ayuda también a dispersar junto con las resinas a los asfaltenos. Dentro de su estructura química existen muchas cadenas lineales que permiten asociarse muy bien con los compuestos saturados. Estos a su vez están conformados de cadenas lineales (hidrocarburos), no polares de muy bajo peso molecular.

Mediante los espectros FTIR se evidencia la presencia de la banda cercana a los 1600 cm<sup>-1</sup>, relacionada con los C=C de los compuestos aromáticos, es muy intensa en el espectro de los asfaltenos y muy baja en los maltenos. Es importante comprender que los grupos aromáticos en conjunto con otros grupos funcionales generan diferencias importantes de polaridad, propio de la naturaleza química de las muestras

en estudio. Se evidencia un pico de muy baja intensidad cercano a los 1700 cm<sup>-1</sup> relacionado con los grupos carbonilos y se encuentra únicamente en la fracción de los asfaltenos. Por otra parte el pico cercano a los 1050 cm<sup>-1</sup> relacionado con el grupo sulfoxido presente en los tres espectros es más intenso en la fase de los maltenos que en la de los asfaltenos. Los picos de carbonilos y sulfoxidos están asociados directamente con los procesos de oxidación normal de los ligantes asfálticos.

### 8. Conclusiones

Las mediciones de topografía, rigidez y adhesión medidas mediante la técnica PFM del AFM permitieron determinar que componentes del asfalto aportan principalmente a la

rigidez y a la adhesividad del material. Con base en las observaciones realizadas, se puede concluir que el principal aporte a la rigidez lo brinda la para-fase, lo cual es congruente con la observación que los asfaltenos se encuentran distribuidos en ella. Por su parte, los anillos de mayor elevación de las estructuras tipo abeja aportan muy poca rigidez, pero brindan la mayor contribución de adhesividad del material. Esto es congruente con la teoría que la adhesividad es brindada por los componentes más viscosos del asfalto (maltenos). Adicionalmente, se reafirma que los asfaltenos probablemente no están asociados al origen de las estructuras tipo "abeja".

Lo anterior se verificó realizando mediciones micro-mecánicas en los componentes individuales del asfalto. Se corroboró que los asfaltenos aportan considerablemente mayor rigidez al asfalto que los componentes polares en los maltenos. Sin embargo, se evidenció que, bajo rangos de operación típicos, las estructuras cristalinas de los asfaltenos aportan muy poca adhesividad al asfalto; caso contrario es el de los maltenos. Por su parte, los maltenos también evidencian variabilidad en cuanto a rigidez y adhesividad. Se observó que los componentes más adhesivos son los aromáticos, seguidos por las resinas. En términos de rigidez, los componentes de mayor polaridad en los maltenos (resinas) son los que aportaron mayor rigidez después de los asfaltenos.

Las bandas de los espectros FTIR localizadas a  $1050\text{ cm}^{-1}$  asociadas también a los grupos sulfoxidos en los ligantes asfálticos está presente tanto en los asfaltenos como en los maltenos, pero en este último en mayor intensidad debido a su alta concentración en la matriz asfáltica. Estos están asociados a oxidación y por lo tanto a los grupos funcionales responsables de la rigidización por envejecimiento lo que implica que no solo los asfaltenos aportan información de rigidez en la matriz asfáltica. Se encuentra información similar en los resultados obtenidos por PFM de las fracción de los maltenos. Algo similar ocurre con la banda asociada cerca de  $1700\text{ cm}^{-1}$  de carbonilos en los asfaltenos: está asociada con oxidación y a su alta polaridad y por tanto a su rigidez.

## 9. Referencias

- [1] ASTM D8-13b. "Standard Terminology Relating to Materials for Roads and Pavements". ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
- [2] Aguiar, J.P., Salazar, J., Bonilla, V., Rodríguez, E., Leiva, F., Loria, L. "Morphological analysis of asphalt phases using AFM". *Road Materials and Pavement Design*, Vol. 16, pp. 138-152. 2015.
- [3] Corbett, L. W. "Composition of Asphalt Based on Generic Fractionation Using Solvent Deasphalting, Elution-Adsorption Chromatography and Densitometric Characterization". *Analytical Chemistry*, Vol. 41, pp. 576-579. 1969.
- [4] Loeber, L., Sutton, O., Morel, J., Valleton, J.M., Muller, G. "New direct observations of asphalts and asphalt binders by scanning electron microscopy and atomic force microscopy". *Journal of Microscopy*, Vol. 182, pp. 32-39. 1996.
- [5] Haugstad, G. "Atomic Force Microscopy: Understanding Basic Modes and Advanced Applications". John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2012.
- [6] Douardo, E.R., Simao, R.A., Leite, L.F.M. "Mechanical properties of asphalt binders evaluated by atomic force microscopy". *Journal of Microscopy*, Vol. 245, pp. 119-128. 2012.
- [7] Yu, X., Burnham, N.A., Mallick, R.B., Tao, M. (2013). A systematic AFM-based method to measure adhesion differences between micron-sized domains in asphalt binders. *Fuel*, Vol. 113, pp. 443-447.
- [8] Loeber, L., Muller, G., Morel, J., Sutton, O. "Bitumen in colloid science: a chemical, structural and rheological approach". *Fuel*, Vol. 77, pp. 1443-1450. 1998.
- [9] Petersen, J.C. "A Review of the Fundamentals of Asphalt Oxidation: Chemical, Physicochemical, Physical Property, and Durability Relationships". *Transportation Research Circular E-C140*. Washington, DC. 2009
- [10] Jäger, A., Lackner, R., Eisenmenger-Sittner, C., Blab, R. "Identification of Microstructural Components of Bitumen by Means of Atomic Force Microscopy (AFM)". *Proc. Appl. Math. Mech.*, Vol. 4, pp. 400-401. 2004.
- [11] Masson, J., Leblond, V., Margeson, J. "Bitumen morphologies by phase-detection atomic force microscopy". *Journal of Microscopy*, Vol. 221, pp. 17-29. 2006.
- [12] Lesueur, Didier. "The colloidal structure of bitumen: Consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification". *Advances in Colloid and Interface Science*, Vol. 145, pp. 42-82. 2009
- [13] Pauli, A.T., Grimes, R.W., Beemer, A.G., Turner, T.F., Branthaver, J. F. "Morphology of Asphalts, and asphalt

## Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón

- fractions and model wax-doped asphalts studied by atomic force microscopy". *International Journal of Pavement Engineering*, Vol. 12, pp. 291-309. 2011.
- [14] Wu, S., Pang, L., Mo, L., Chen, Y., Zhu, G. "Influence of aging on the evolution of structure, morphology and rheology of base and SBS modified bitumen". *Construction and Building Materials*, pp. 1005-1010. 2009.
- [15] Zhang, H. L., Yu, J.Y., Feng, Z.G., Xue, L.H., Wu, S.P. "Effect of aging on the morphology of bitumen by atomic force microscopy". *Journal of Microscopy*, Vol. 246, pp. 11-19. 2012
- [16] Gamarra, A. "Envejecimiento Termo-Oxidativo de Asfaltos". Tesis de Maestría. Universidad EAFIT. Colombia, 2014.
- [17] Munera, J.C. "Modificación polimérica de asfaltos". Tesis de Maestría. Universidad EAFIT. Colombia, 2012.
- [18] Yu, X., Burnham, N., Tao, M. "Surface microstructure of bitumen characterized by atomic force microscopy". *Advances in Colloid and Interface Science*, pp. 17-33. 2015
- [19] Allen, R., Little, D., Bhasin, A. "Structural Characterization of Micromechanical Properties in Asphalt Using Atomic Force Microscopy". *J. Mater. Civ. Eng.*, Vol. 24, pp. 1317-1327. 2012.
- [20] Allen, R., Little, D., Bhasin, A., Lytton, R. "Identification of the Composite Relaxation Modulus of Asphalt Binder Using AFM Nanoindentation". *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 25, pp. 530-539. 2013.
- [21] Nazzal, M., Abu-Qtaish, L., Kaya, S., Powers, D. Using Atomic Force Microscopy to Evaluate the Nanostructure and Nanomechanics of Warm Mix Asphalt. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2015.
- [22] Menapace, I., Masad, E., Bhasin, A., Little, D. "Microstructural properties of warm mix asphalt before and after laboratory-simulated long-term ageing". *Road Materials and Pavement Design*, Vol. 16, pp. 2-20. 2015.

#59

### AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

**“Un menor empleo de mezclas asfálticas en conservación de firmes se refleja en mayor deterioro de aspectos claves en seguridad vial como son las características superficiales” (José Antonio Soto, Tribuna ‘...5 años después’, número 23)**

#CONFORT\_Y\_SEGURIDAD

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

## 8. Gestión de la calidad en las mezclas bituminosas (parte 1)

**Andrés Costa**

Excoordinador Grupo 1 de ASEFMA

### 1. Introducción

El objetivo de la gestión de la calidad es asegurar que todas y cada una de las operaciones implicadas en el proceso de puesta en obra de las mezclas bituminosas se realizan de acuerdo con las prescripciones establecidas con el fin de obtener la calidad exigida, o en su caso, realizar los ajustes o modificaciones necesarias para corregir las deficiencias detectadas, restableciendo las condiciones de calidad exigidas a la mezcla puesta en obra y al firme con ella construido.

Antes de entrar en la Gestión de la Calidad en la fase de puesta en obra de las mezclas bituminosas, es aconsejable desarrollar algunas recomendaciones generales para la Gestión de la Calidad en la fase de fabricación de las mismas y que puede incidir de manera significativa en la calidad de la puesta en obra. Este apartado 8.2 que se enumera a continuación, ha sido desarrollado por los representantes de la Junta de Andalucía en el Grupo de Trabajo que ha elaborado la Monografía nº 6 de ASEFMA, con la revisión y apoyo del resto de miembros del citado Grupo.

### 2. Recomendaciones generales para la gestión de la calidad en la fabricación de mezclas bituminosas

Dentro de la actual definición de gestión de la calidad, se incluye el denominado control de calidad propiamente dicho, que era el concepto utilizado anteriormente.

Como gestión del control de calidad podemos entender el conjunto de los tres aspectos siguientes:

La Gestión de la Calidad

- **Control de calidad de materiales y equipos.**
- **Control de calidad de ejecución.**
- **Control de calidad características finales de la capa construida.**

Cabe distinguir también, atendiendo al agente que realiza el control de calidad, entre:

- **Control de calidad de Producción.**
- **Control de calidad de Recepción.**

El control de calidad de Producción corresponde realizarlo al contratista, que es quién a través del contrato de ejecución de obra, tiene contraídas las obligaciones de calidad con la parte contratante. El control de calidad de Recepción es el que corresponde a la parte contratante, y su finalidad es verificar que la calidad contratada se produce.

Es imprescindible, antes del comienzo de la obra, planificar la gestión del control. El contratista, lo desarrollará encuadrado en un Plan de Aseguramiento de la Calidad (PAC) redactado e implantado según la Norma UNE-EN ISO 9001. Este PAC debe incluir la apertura de no conformidades de las anomalías detectadas en los controles, y de las acciones correctivas pertinentes para evitar la repetición de las mismas.

Hay una serie de factores fundamentales para la producción con calidad, por parte del contratista, como son:

- **Formación y experiencia de los medios personales de producción.**



- Capacidad y calidad de los medios materiales de producción, como instalaciones de fabricación, equipos de extensión y compactación, etc.
- Personal y medios utilizados por el contratista para el control de calidad de los materiales y equipos.
- Redacción e implantación de un adecuado Plan de Aseguramiento de la Calidad.

Son estos medios anteriores, las causas u orígenes que permitirán el efecto de producir con calidad, o dicho de otra forma “asegurarla”. Es el contratista quien tiene la capacidad directa de actuación sobre tales causas.

Además de disponer de los medios adecuados antes referidos para producir con calidad, es necesario verificar que efectivamente, esta calidad se produce. Esta función, que como se ha dicho anteriormente, es lo que constituye el control de Recepción, y corresponde a la parte contratante, a través de inspecciones, pruebas, ensayos, etc., se realiza mediante los equipos de Dirección de Obra y los Laboratorios de Ensayos, mediante el Plan de Supervisión de la Calidad (PSC) de la Dirección de Obra, redactado e implantado asimismo según la Norma UNE-EN ISO 9001.

El Plan de Aseguramiento de la Calidad del contratista (PAC) es pues un Plan de Control de Producción, necesario para que el propio contratista pueda disponer de la suficiente garantía de que serán aceptados, en principio, por la parte contratante, los materiales, unidades de obra, equipos y maquinaria, instalaciones de producción, procedimientos, etc., ejecutados por él, o por terceros subcontratados por él.

Dentro de estos Planes de Aseguramiento de la Calidad, se encuentran incluidos los Planes de Control de Calidad de Materiales.

### 2. 1 Control de calidad de materiales

El Control de Calidad de los materiales se plasma en el Plan de Control de Calidad de Materiales. Este Plan para una obra o para una unidad de obra, se puede definir como el documento que sirve de base, guion y referencia para la sistematización de dicho control. Debe establecer la sistemática del control propuesto, plasmada en una serie de controles razonados y justificados, tanto en tipología como en

cantidad, que garanticen, en la medida propuesta, el nivel de control perseguido.

Por ello, el plan de control debe contemplar, al menos, los siguientes aspectos para cada unidad de obra o parte de ella objeto de control:

- **Medición de la unidad a controlar.**
- **Finalidad del control propuesto.**
- **Método de ensayo a aplicar para el control.**
- **Norma que regula el ensayo a realizar.**
- **Tamaño de lote adoptado.**
- **Tamaño de la muestra considerado.**
- **Número de ensayos resultantes de la aplicación del criterio.**
- **Valoración del Plan.**

La elaboración de un Plan de control de calidad de materiales es una tarea que debe ser acometida por un técnico especialista con conocimientos suficientes de la obra o unidad de obra sobre la que se elabora el Plan, y el Proyecto de la misma, para identificar sus objetivos, parámetros de aceptación, unidades críticas, etc. y debe estar siempre particularizado a la misma. Debe ser redactado por un técnico con conocimientos de los controles o ensayos que pretende aplicar y ha de partir de unos criterios claros de aceptación y tratamiento de resultados previos, a los que adaptar la sistemática de control.

A continuación se comentará de forma somera estos conceptos que definen el plan de control:

### Unidad a controlar

El primer paso en la elaboración del Plan de Control es establecer las unidades y/o materiales a controlar. Esta decisión se deduce de la tipología de la obra y del proyecto que la define, y debe ser adoptada basándose en las mediciones de cada unidad y/o elemento.



En principio, deben ser unidades a controlar todas aquellas que consideren los pliegos del contrato o cuya importancia sobre el nivel de calidad final de la obra se considere de relevancia. Esta selección de las unidades a controlar se debe basar en, al menos, los siguientes criterios:

- **Tipo de Plan de Control y su alcance (Producción o Recepción).**
- **Repercusión de la calidad de la unidad o elemento sobre la de la obra en su conjunto.**
- **Volumen de la unidad, absoluto y relativo al total de la obra.**
- **Posibilidad de obtener información válida de la unidad a través de ensayos.**

### Lote

En la actualidad, y desde hace ya cierto tiempo, se tiende a considerar todo el proceso constructivo como una sucesión

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

de “lotes”. El lote puede definirse como un grupo de elementos del mismo tipo que puede considerarse homogéneo a efectos de su control. El lote es la “unidad de control” por excelencia.

La fijación del tamaño del lote es una de las fases más críticas en la elaboración del Plan de Control, ya que repercute tanto en la intensidad del control como en el presupuesto de los medios asignados. El tamaño de un lote depende esencialmente de dos factores:

- El ritmo de producción de la unidad de obra, por cuanto puede representar la uniformidad del proceso de ejecución y las condiciones ambientales.
- El tiempo de reacción ante los posibles resultados que se obtengan del control. Esto influye en el proceso de control ya que no sirve de nada adoptar tamaños de lote muy reducidos para ensayos de gran duración que, ante resultados adversos no den la posibilidad de reacción por haber sido cubierta o completada la unidad de obra.

Para la determinación de los lotes se aplican distintos criterios como son los siguientes: determinado número de toneladas, días de trabajo, metros lineales de calzada, metros cuadrados de capa extendida, etc.

### Muestra

Hay que tener en cuenta que el control que normalmente se realiza tanto en las obras, como en las instalaciones de producción, es estadístico, no total, y que es necesario obtener los datos sin perder de vista ese horizonte. Los ensa-

yos se realizan sobre muestras tomadas de esos lotes, de forma aleatoria. De ahí la importancia de adoptar tamaños de muestra que ayuden a estimar o eliminar las posibles incertidumbres o desviaciones propias del mismo lote o, incluso, del método de control.

La selección del tamaño de muestra representativa de un lote depende de los siguientes parámetros:

- Grado de desviación o dispersión de las unidades a controlar
- Grado de confianza o seguridad que queramos en la decisión.
- Del propio error del proceso de ensayo.

### Finalidad del control

Deben ser objeto de control aquellas características de materiales o unidades de obra que sean susceptibles de aportar alguna información sobre su aptitud para el empleo. Estas características deben ser representativas de cualidades de los materiales en cuanto a la funcionalidad de la unidad que conforman, en cualquiera de sus aspectos de durabilidad, nivel de servicio y/o capacidad mecánica.

Por otra parte, es importante que las magnitudes objeto de control sirvan para adoptar decisiones.

### Método de control

Para que el resultado de un control sirva como criterio de aceptación o rechazo de un lote, es necesario que su ejecución se realice conforme a un procedimiento estándar o normalizado que permita su aceptación “universal”, contraste y reproducibilidad.

Así, en la mayoría de los controles usuales en el ámbito de la construcción, existen procedimientos que han sido regulados o establecidos por organismos certificadores, investigadores o instituciones que le han conferido el carácter de “norma” oficial.

Por ello, para cualquier magnitud que se haya decidido sea objeto de control, es necesario establecer la norma o procedimiento de control.



## Referencia

En un Plan de Control es necesario establecer las normas o referencias básicas en las que se fundamentan los requisitos de calidad o criterios de aceptación. Estas referencias se establecen usualmente en forma de alusión o exigencias del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto de la obra de que se trate, el cual suele remitirse a los Pliegos o Instrucciones normativas de rango nacional o autonómico, como el "PG-3", la "Instrucción para el diseño de Firmes de Andalucía", etc.

También, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Concurso de la obra puede establecer prescripciones adicionales. Estas referencias deben especificarse fundamentalmente para dejar las bases del control establecidas que permitan, ante cualquier eventualidad, la resolución de dudas o incertidumbres en la obra.

Desde un punto de vista práctico y como posible ejemplo, la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía tiene editadas, con el objeto de sistematizar los Planes de Control de Calidad de Materiales, desde 1.999 unas "Recomendaciones para la redacción de Planes de Control de Calidad de materiales en los Proyectos y Obras Lineales", que ha revisado y actualizado en 2007, que constituyen una herramienta de gran utilidad para un buen control de calidad en las obras. En ellas se incluyen además, en formato Hoja de cálculo Excel, algunos Modelos de Planes de Control tanto de Producción, como de Recepción, de forma que, automáticamente, al introducir la medición correspondiente y el precio del contrato, se obtiene el número de ensayos a realizar y el importe de los mismos. En estas Recomendaciones se diferencian los controles o ensayos según se trate de:

- **Identificación del material o componentes.**
- **Control de procedencia de los materiales.**
- **Control de dosificación o fabricación.**
- **Control de la ejecución.**
- **Control de las instalaciones de suministro y/o producción.**



- **Control final de características.**

## *2.2 Control de calidad en la fabricación de la mezcla*

En la fase de fabricación, con la entrada en vigor de la normativa del marcado CE para las mezclas bituminosas, el control se puede simplificar sustancialmente, ya que dicha normativa regula y constituye la base para el control de calidad y la evaluación de la conformidad de las mezclas, en cuanto a la fabricación de las mismas.

El marcado CE implica que el fabricante debe tener para cada producto un sistema de calidad aprobado y permanentemente auditado por un organismo notificado, de acuerdo con el sistema de evaluación de la conformidad 2+ por el que se rigen las MB.

El control de producción en fábrica, que incluye calibración de la planta, inspección y ensayo de los materiales componentes y de la mezcla fabricada, tratamiento de las no conformidades, y frecuencia de ensayos y tolerancias admisibles en las MB fabricadas, establece tres Niveles de

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

Frecuencia (X, Y, Z) de mayor a menor frecuencia, siendo variable la frecuencia de ensayos en cada nivel; mayor si el nivel de conformidad de la mezcla es bajo y menor en caso contrario.

Así, en la Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se han actualizado algunos Artículos del PG-3, se dice textualmente: "En el caso de productos que dispongan del marcado CE, de acuerdo con el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplan las especificaciones establecidas en este Pliego. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, el Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra, al objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en este artículo. En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento, se deberán llevar a cabo obligatoriamente los ensayos para el control de procedencia que se indican en los epígrafes siguientes al 542.9.1 y 543.9.1, para el control de calidad de los materiales en los epígrafes 542.9.2 y 543.9.2 y para el control de calidad de la ejecución en los epígrafes 542.9.3 y 543.9.3, en todos los casos de los Artículos 542 y 543 del vigente PG-3".

### 2.3 Mezclas bituminosas en frío

Las mezclas en frío y la grava emulsión requieren una consideración especial. Estos dos tipos de mezclas en frío no tienen establecido el Marcado CE y además los Artículos 531 y 514 respectivamente del PG-3 que las contemplaba, se encuentran actualmente derogados.

Para su formulación, ejecución y control de calidad resulta de gran utilidad, en el caso de las mezclas en frío, el "Pliego de Mezclas Bituminosas abiertas en frío", de ATEB (Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas).

En cuanto a la Grava emulsión, que sigue utilizándose en diversas Comunidades Autónomas, existen también un "Plie-

go de Grava - Emulsión" de ATEB, así como unas Recomendaciones de la Junta de Andalucía, en las que igualmente se dan pautas para su formulación, ejecución y control.

### Control de calidad de la mezcla inicial

Fichas de inspección de recepción de la mezcla

Para la mezcla bituminosa en frío, del mismo modo que se ha indicado en el apartado anterior para las mezclas en caliente, el encargado de la puesta en obra, o la persona responsable designada por la empresa, realizará la inspección de la mezcla a su llegada al tajo de extensión, cumplimentando el parte o ficha de inspección de recepción correspondiente, donde, como mínimo, deben figurar los datos siguientes:

- **Albarán o vale donde consten el tipo de mezcla y planta de fabricación, si se trata de una instalación fija.**
- **Cantidad de mezcla suministrada.**
- **Hora de llegada al tajo.**
- **Aspecto de la mezcla (posible segregación, envuelta no homogénea, y eventuales contaminaciones).**
- **Correcta colocación de la lona de cubrición de los camiones.**
- **Temperatura ambiente y climatología (viento, riesgo de precipitaciones, etc.)**
- **Documentos de conformidad exigidos reglamentariamente.**

Control de Calidad de los materiales constituyentes

A) Control de calidad de la emulsión bituminosa

La emulsión deberá cumplir las especificaciones que se encuentran descritas en el anejo nacional de la norma 13808, tanto para las emulsiones normales como para las modificadas con polímeros.

## B) Control de calidad de los áridos

Al menos dos veces al día se realizará el ensayo de **Granulometría de cada fracción, según la Norma UNE-EN 933-1**.

Al menos una vez en semana o cuando se cambie de procedencia se realizaran los ensayos siguientes: **Índice de lajas, según UNE-EN 933-3, Porcentaje de partículas trituradas, según UNE-EN 933-5 y Contenido de impurezas, según UNE-EN 933-1**.

Al menos una vez al mes, o cuando se cambie de procedencia se realizaran los ensayos siguientes: **Coefficiente de Los Ángeles, según la Norma UNE-EN 1097-2, Coeficiente de pulimento acelerado, según la UNE-EN 1097-8 y Densidad relativa y absorción, según UNE-EN 1097-6**.

Será preceptivo el correspondiente tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo y la forma de actuación de los equipos de extensión y compactación.

#60

## AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Un firme en mal estado afecta al consumo y desgaste mecánico de los vehículos. La regularidad superficial se recupera rápida y fácilmente con mezclas asfálticas”

#HECHOS\_ECONÓMICOS

"reforzamos el firme,  
consolidamos el futuro"

"by reinforcing pavements,  
we guarantee the future"



# asefma

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

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

Síguenos en: / Follow us on:



@asefma\_es

(9,700 followers)



/asefma

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

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES  
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS  
OF ASPHALT MIXES

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

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



# Development and implementation of low rolling resistance pavement in Denmark

Matteo Pettinari, map@vd.dk  
Danish Road Directorate

Bjarne Schmidt, bjs@vd.dk  
Danish Road Directorate

En torno a una cuarta parte del consumo total de energía en Dinamarca proviene del transporte por carretera, una proporción que se incrementa de forma permanente. Un tercio de este consumo se debe a la resistencia a la rodadura entre el neumático y la carretera. Los pavimentos de baja resistencia a la rodadura pueden reducir el consumo de combustible en un 4%. En Dinamarca, las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del transporte por carretera se estiman en  $4,6 \times 10^6$  t/año. La implantación de un pavimento de baja resistencia a la rodadura en los 4.000 km de carreteras estatales del país permitirá reducir las emisiones en  $1,6 \times 10^5$  t/año. La Dirección de Carreteras de Dinamarca ha estado trabajando desde 2010 en el desarrollo de un pavimento de carretera que reduzca la resistencia a la rodadura entre vehículos y pavimentos de carreteras. A tal fin, se han realizado cuatro bloques de pruebas, entre 2012 y 2016, en las carreteras en servicio de Dinamarca. En 2016 se realizaron pruebas adicionales aceleradas en VTI, en Suecia, donde se ensayaron varias mezclas de asfalto. Los resultados recogidos han demostrado que la baja resistencia a la rodadura SMA8 puede proporcionar estabilidad a la textura y resistencia al desgaste comparable a una SMA11 convencional.

**Palabras clave:** Dinamarca, consumo de energía, pavimentos de baja resistencia a la rodadura

Approximately one fourth of the total energy consumption in Denmark is consumed by the road transport, a consumption that is continuously growing. About one third of the energy consumption from the road transport comes from overcoming rolling resistance between the tyre and road. Low rolling resistance pavements can reduce fuel consumption by 4%. In Denmark the CO<sub>2</sub> emission from the road transport alone is estimated to  $4.6 \times 10^6$  t/year. Implementing low rolling resistance pavement on the entire 4000 km of state roads in Denmark will provide a reduction in CO<sub>2</sub> emission by  $1.6 \times 10^5$  t/year. The Danish Road Directorate has since 2010 been working on developing a road pavement that reduces the rolling resistance between vehicles and road pavements. This has led to 4 tests sections established between 2012 and 2016 on in-service roads in Denmark. In 2016 an additional accelerated tests were performed at VTI in Sweden where several asphalt mixes were tested. The collected results have shown that the low rolling resistance SMA8 can provide texture stability and wearing resistance comparable to a conventional SMA11.

**Keywords:** Denmark, energy consumption, low rolling resistance pavement

## *1. Socio-economic incentive to implement pavements with low rolling resistance*

Low rolling resistance pavements reduces CO<sub>2</sub> emissions from the road transport. This CO<sub>2</sub> emission can be translated to an economical benefit for the society. A key part of the research in low rolling resistance pavements has been to perform socioeconomic analyses. These analyses justify the eco-

nomical benefit to the society, when implementing low rolling resistance pavements on the state roads in Denmark.

Additional to lowering CO<sub>2</sub> emission, low rolling resistance pavements also reduces tyre/road noise. The socioeconomic benefit when lowering road traffic noise is significant. This means that the additional positive effects from lowering the tyre/road noise by low rolling resistance pavements provides extra beneficial value when calculating the socioeconomic

## Development and implementation of low rolling resistance pavement in Denmark

mic benefit. Especially the noise reducing effects plays a major role when using these pavements on high-trafficked roads in urban areas.

By adding the socioeconomic benefits from the reduced CO<sub>2</sub> emission and decreased noise emission, makes the use of low rolling resistance pavements very competitive as an initiative to reduce CO<sub>2</sub> emissions from the road transport, compared to other initiatives.

When calculating socioeconomic aspects of implementing low rolling pavements on the state roads, the outcome is highly dependent on the change in pavement condition, from the existing surface to the low rolling resistance surface, and the traffic amount on the given motorway.

To analyse the effect of implementing low rolling resistance pavements on the Danish state road, the socio economic benefit for a number of motorway sections has been calculated.

Included in the economic analysis are dense trafficked motorways around Copenhagen, the capital of Denmark, motorway M10 and M14, and a major motorway corridor across Denmark, Motorway M40. Also included in the analysis, are lesser trafficked motorways in the rural areas of Denmark, motorway M50 and M80. Table 1 shows that the motorways with the highest traffic density also have the highest unevenness, expressed by the International Roughness Index, IRI m/km. The pavement texture expressed as Mean Profile Depth (MPD) are similar for all analysed motorways.

When comparing the socioeconomic performance of the different motorways, it was decided to use the return factor for the investment when replacing the existing wearing course with a low rolling resistance pavement. The return factor expresses the factor of return for the public investment. Figure 1 shows the specific return factor if low rolling resistance pavements were implemented on the analysed motor-

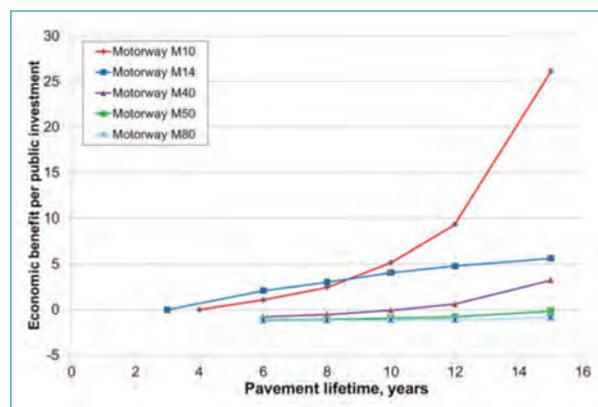


Figure 1. Economic effect by introducing pavements with low rolling resistance on motorways in Denmark, expressed as Economic benefit per public investment.

ways. When the return factor is positive, then the specific investment generates resource back into a society. The x-axis in figure 1 represent the year after construction. As an example, figure 1 shows, that for Motorway M10 the return factor is 0 four years after construction. This means that after year four the investment in a low rolling pavement on M10 has been paid back to the society and that the pavement starts generating an economic surplus for the society. After 14 years of lifetime the low rolling resistance pavement generates an economic surplus by a factor 25 to the society.

In general, Figure 1 shows that the highest benefit and where the low rolling resistance pavements have the highest return factor for the investment is around the bigger cities in Denmark, such as Copenhagen. This is due to the high traffic volumes and that Copenhagen area is the most populated area.

### 2. Development of low rolling resistance pavements

In Denmark, the study and development of low rolling resistance pavements started in 2012. Danish national funding

Table 1. Road sections in Denmark where the socio economic calculations has been performed.

	Motorway M10	Motorway M14	Motorway M40	Motorway M50	Motorway M80
Length of road [km]	55	68	174	183	104
Area [m <sup>2</sup> ]	710,000	640,000	1,480,000	1,550,000	840,000
IRI [m/km]	1.23	1.17	1	0.93	0.8
MPD [mm]	0.89	0.9	0.99	0.88	1.06
Traffic in AADT	84,000	49,000	50,500	37,500	14,300

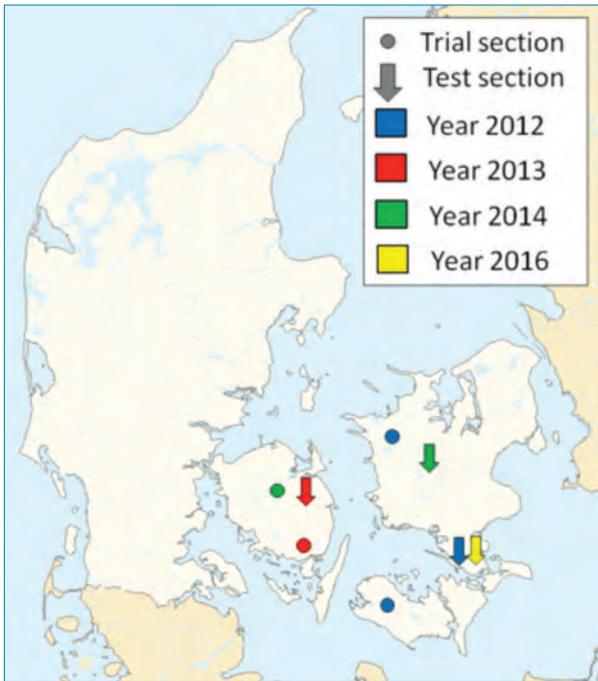


Figure 2 Illustration of the different low rolling resistance pavements in Denmark.

supported and financed the COOEE project (CO<sub>2</sub> emission reduction by exploitation of rolling resistance modelling of pavements). The challenge was to establish a scientific background for developing pavements with low rolling resistance (RR) that still satisfy safety standards providing at least 15 years durability. Stone Mastic Asphalt (SMA) is most common pavement surface layer adopted on the Danish road network and the COOEE aimed at optimizing the mix design with the goal of reducing rolling resistance.

Four different test sections were paved since 2012 to 2016 supported, when necessary, by trial sections in order to evaluate all the relevant characteristics (Figure 2).

The first test section was paved in Stensved in 2012 where a reference and two different COOEE mixtures were paved over the same pavement structure on two parallel lanes. Based on this configuration, the real impact of texture depth on the RR characteristics was detected. In fact, RR properties are also affected by the longitudinal profile and the impact of texture depth on the RR characteristics of a pavement depends on the unevenness of the longitudinal profile. RR data were normalized with the corresponding RR measured on the reference mixture and the rolling resistance reduction due to the different textural properties was assessed. COOEE mixtures showed an initial reduction of rolling resistance proper-

ties of approximately 5 % if compared to a reference mixture [1]. The energy efficiency became more pronounced, with an improved RR reduction of 20 %, when the comparison was performed against an average RR measured on 100 km of conventional Danish state roads. The test section in Stensved is still monitored and measurements collected in 2015 had shown a lack in texture stability and durability.

In 2013 a new COOEE test section was paved in Langeskov using a different compaction procedure. The source of the mineral aggregates was changed by the contractor. The purpose of this change in the mix recipe was to reduce premature distresses due to broken stones caused by compaction. Langeskov confirmed the validity of the COOEE mixtures from the rolling resistance point of view but, because of the low traffic level, the test section could not be used to verify the texture stability of the new mixtures [2]. For this purpose, a new test section in Sorøvej was paved in 2014 and it is still monitored to document and evaluate texture changes.

The overall results of the COOEE project became a solid statement toward the implementation of low rolling resistance layers in the Danish road network. In fact, it has been shown that rolling resistance can be reduced by optimizing the asphalt mixture gradation. Performances of the low rolling resistance pavements should have been improved and the pavement construction has become a key factor for achieving the desired reduction in rolling resistance and durability. In fact, the low rolling resistance test section paved in Stensved during the COOEE project has been monitored for several years. A reduction in rolling resistance efficiency was measured together with an increase in texture depth. Some ravelling was detected and textural properties were consequently compromised (Figure 3).

Based on the presented outcomes, some changes in the mix design were approved and investigated. From the aggre-

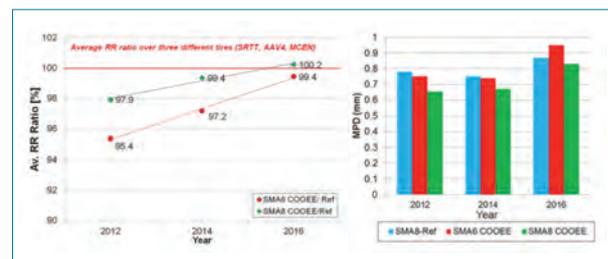


Figure 3 change in MPD and RR of the pavements from Stensved from 2012 to 2016.

# Development and implementation of low rolling resistance pavement in Denmark

Table 2. Rolling resistance reduction measured on Kalvehave.

Tyre	SRTT		MCEN		AAV4	
	80 km/h	50 km/h	80 km/h	50 km/h	80 km/h	50 km/h
Meas. Speed	80 km/h	50 km/h	80 km/h	50 km/h	80 km/h	50 km/h
RR Ratio SMA6 C+ [%]	92.9	95.1	97.3	97.4	97.5	98.0
RR Ratio SMA8 C+ [%]	94.2	93.6	98.3	96.7	98.6	97.1
RR Ratio = $RR_{COOEE+} / RR_{ref} \times 100$						

gates point of view, it was recognized that granite offers high strength and high wear resistance and represent the optimal solution. With regard to the additives, 2 % of hydrated lime was included in the mixture to improve adhesion properties and reduce moisture sensitivity. Also the modification technique of the bitumen has a significant influence on the performance of the asphalt mixture under moisture conditioning [3]. In fact, polymers can sensibly change both adhesion and cohesion properties of the asphalt binder [4, 5]. This becomes more relevant by considering the fact that in the COOEE mixtures, the bitumen was mixed with polymers only during the asphalt mixture production. The use of pre-modified bitumen will improve adhesion and cohesion properties of the mixture and will guarantee a proper distribution of polymers in the mixture increasing the expected life time [6]. These mix adjustments, such as the use of hydrate lime and pre-modified bitumen, were adopted during the construction of the low rolling resistance test section paved in Kalvehave (2016). For practical reasons, these new mixtures have been named COOEE+. An extended RR measurement campaign was performed in 2016 with the TUG trailer. The pavements were measured at 3 different times of the day in order to get an evaluation of temperature effect. Furthermore, rolling resistance measurements were performed with three different tyre types and at two different speeds (50 km/h and 80 km/h). It must be recognized that, for each combination of tyre, speed, and day, several rolling resistance measurement runs have been performed.

RR reductions measured on the two different COOEE pavements in Kalvehave are summarized in Table 2. The pavement used as reference was a conventional SMA8.

With regard to the durability issue, it was expected that these changes in the mix design should improve texture stability and mixture performance. This has been studied using an intensive laboratory characterization and the Circular Ro-

ad Tester (CRT) which is an accelerated test device used to study wearing resistance of surface layers. A total of 14 different mixtures were tested with the CRT including the three paved in Kalvehave. In the next paragraphs, the most representative results collected from the Circular Road Tester (CRT) have been summarized and described.

### 3. Circular Road Tester description and configuration

The CRT is an accelerated loading facility capable to simulate pavement wearing and it has been used throughout the years for studies of wear from studded tyres on pavement surfaces as function of mix design and aggregate quality under various climatic conditions. To some extent also studies of permanent deformation at high surface temperatures have been performed.

The objective was to verify the durability of the different mixtures, evaluated as fretting and ravelling and texture changes, due to shearing action of the wheels on the pavement surface. During the simulation, test conditions such as temperature and moisture were controlled and changed to introduce seasonal effects. Due to electrical limitations, also the speed of the passing wheels has been changed. The applied load on each tyre was 450 kg. Both winter and summer tyres have been used in relation to the temperature conditions. A total of 350000 load passes have been applied and the overall simulation is summarized in the figure below (Figure 4). The main purpose of the test was to evaluate the behaviour of the low rolling resistance mixtures under different climate and loading conditions. The first 5000 cycles have performed using studded tyres aiming at removing the mortar from the surface of the different test slabs. From 5000 to 200000 cycles, the change in surface characteristics of the different mixtures have been analysed trying to reproduce summer conditions. During the last 30000 cycles the speed was increased up to 60

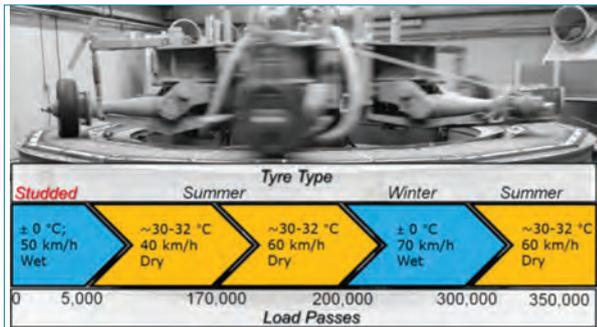


Figure 4: CRT test program.

km/h because the collected data were showing that all the studied materials had reached a steady state condition. From 200000 to 300000 cycles, effect of low temperatures and moisture were investigated. The last 50000 cycles were performed at high temperature and dry conditions.

All the tested mixtures were plant produced and laboratory compacted using a steel mould and light roller. Once the mould was preheated, a sample of hot mixed asphalt concrete was placed into the mould. Then a power rolling compactor was used to compact the slab and target the designed air voids content. A total of 28 slabs, two for each mixture, were produced and tested with the CRT.

Measurements consist of photographs, texture and transversal profile for wear and rut as shown in Figure 5. For each mixture and test interval, the average depth value of the transversal profile calculated over six different measurements will be described in the present article. As mentioned, the effect of texture has also been investigated. A 32 kHz texture laser was mounted on one of the arms of the CRT and used for measurement. A photo-sensor mounted between two slabs had been used to detect the end/start of a cycle and to distinguish between the different mixtures. Since these measurements were performed with a moving eccentricity, the lasers path should have been capable to traverse a large part of the slab with consecutive parallel lines providing a 3D scan of the different surfaces. These data are still under investigation and only average MPDs have been summarized.

## 4. Results analysis

### 4.1 Wearing and Rutting Depth evolution

Considering all the 14 mixtures, it must be recognized that wearing and rutting of the two slabs, representative of the same mixture, was consistent. The studded tyres used in the

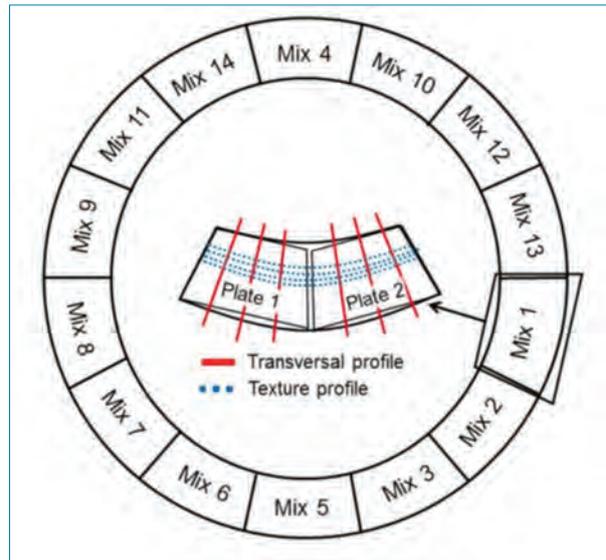


Figure 5: Drawing of the CRT configuration and measurements set-up.

first 5000 cycles worn the slabs by removing part of the mortar and bitumen covering the top aggregates. It should be noted that around 95 % of all changes in heights occurs during the first 100000 turns and consequently this part of the test is by far the most interesting to investigate in relation to wearing and rutting. This can also mean that, applying a constant load of 450 kg, the effect of change in temperature, water, tyre and speed during the simulation might not be significant in particular if chemical ageing cannot be accelerated. For a better understanding of the results only 5 out of 14 mixtures have been included in the Figure below (Figure 6). The volumetric properties such bitumen content and average voids content of these mixes are summarized in Table 3. With regards to the results obtained from the CRT, the change in height in the wheel path, calculated using the data collected by a transversal profilometer, represents the average difference between the initial profile height and the profile height after a certain load passes. All slabs were 430 mm wide and only the central 300 mm have been considered in the analysis.

The SMA 11 standard in-situ and the SMA 8 standard are the ones primarily used in the Danish state network. The first is a terminal blend modified mixture while the second, reference mixture paved in Kalvehave, does not have any polymers. Both SMA8 COOEE+ and SMA6 COOEE+ have been produced using the same premodified bitumen and represents the mixtures paved in Kalvehave. The SMA8 COOEE+

# Development and implementation of low rolling resistance pavement in Denmark

Table 3. Volumetric properties of the 5 asphalt mixes.

Name	Bitumen Type	Bitumen [%]	Av. Air Voids [%]
SMA 11 standard - "in-situ"	40/60+P-Flex	6.1	5.4
SMA 8 standard	70/100	6.9	5.5
SMA 8 COOEE+	40/100-75 EL	7.5	4.3
SMA 6 COOEE+	40/100-75 EL	8	6.8
SMA 8 COOEE+ - "in-situ"	70/100 + P-Flex	6.7	5.4

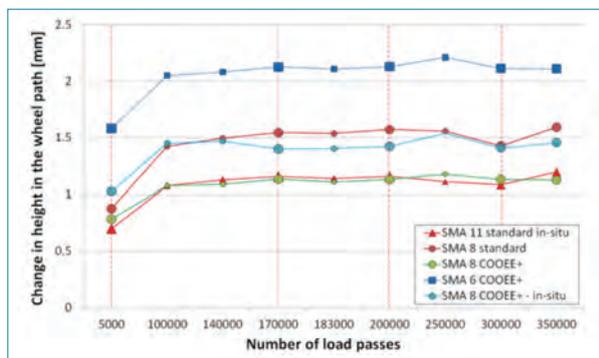


Figure 6: Development in wearing and rutting

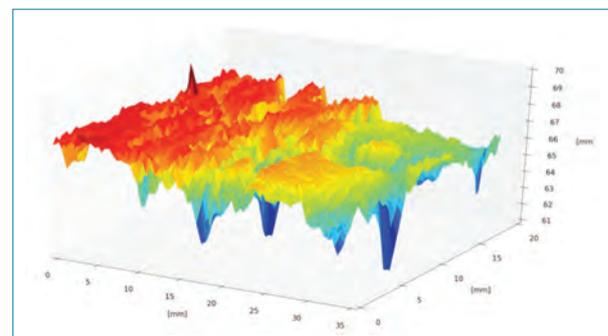


Figure 7: Example of 3D surface reconstruction based on the 2D texture measurements.

in-situ also contains polymers added during the asphalt mixture production.

The results represented in Figure 5 show that the SMA6 COOEE+ has the highest wearing depth even though most of it comes from the effect of the studded tyres. Both SMA 11 and SMA 8 COOEE+ are presenting the lowest wearing susceptibility.

## 4.2 Texture evolution

Another fundamental aspect of this investigation was the evaluation of texture and its changes due to different testing conditions. As described before, data analysis had also enabled the reconstruction of the 3D surface from the parallel longitudinal lines, as shown in Figure 7. The extrapolation of the 3D texture scan is still under investigation, even though the preliminary results seem promising, consequently only the study of the Mean Profile Depth (MPD) has been included. Finally, it should be noted that the MPD values might be a bit off in absolute values, but the relative comparison is unaffected, i.e., the relative order of the values is preserved. This is because the texture laser device has not been properly calibrated and the sampling resolution is quite high compared

to in-situ measurements on the road. Increasing sampling resolution is known to increase MPD.

For each measurement session, the parts of the data pertaining to each slab were identified and the MPD values were calculated for each slab [7]. There was a total of 9 measurement sessions and the results of these calculations are included in Figure 8, where the evolution of MPD is shown as a function of the number of cycles. The results summarized in Figure 8 show that after the first 5000 rounds with the studded tyres, all of the mixes exhibit a decrease in MPD until 200,000 cycles. During the winter simulation, a small increase in MPD has been detected even though only the one measured on the SMA11 standard can be considered significant. An interesting observation is how the different mixes react to the studded tyres which have been used during the first 5000 cycles. In fact during that test phase only the COOEE+ mixtures produced with premodified bitumen did not show any increase in MPD. It is not possible, based on the number of variables considered in this investigation, to make any statement about the reason why studded tyres had different effects on the different mixtures.

The order of the different slabs, with respect to the average MPD values, is in accordance with expectations. For instan-

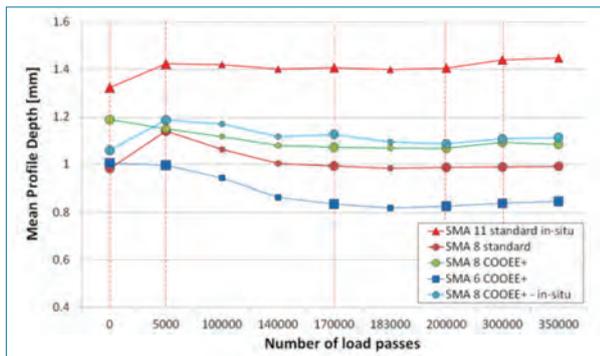


Figure 8: MPD values as function of cycles for each of the 5 mixes.

ce, the SMA 11 has by far the largest average MPD followed respectively by the different SMA 8 mixes and the SMA 6.

In general, there is a consistent texture-stability across all mixes and the relative order of magnitude of average texture values between the mixes is in accordance with the expectations. Of course, the use of studded tyres to simulated initial wear is not entirely realistic and the lack of chemical ageing might also have an effect.

### 5. Conclusions and next steps

The socio economic analyses of the COOEE+ pavement has shown that the implementation holds a particular beneficial potential and that the investment of implementing the COOEE+ pavement can be repeatedly shown to hold breakeven results within expected pavement life spans. It is essential that these low rolling resistance pavements proof a life time comparable to a conventional SMA11 and for this purpose the CRT has been performed. The CRT represents a reliable test device to study the behaviour of surface layers. Effect of temperature variation has been taken into account and the results were consistent. A relevant set of data have been collected during the entire test but further investigation of the data and collected pictures using image analysis should be performed.

In general the SMA 6 mixtures are worn more heavily by studded tyres than the other gradations mixtures. This was expected as wear from studded tyres depend predominantly on the nominal maximum aggregate size of the mix. Looking at the overall wearing and rutting performance, the SMA 8 COOEE+ and SMA 11 standard "in-situ" had similar performance. When wear from studded tyres is not taken into account, the SMA 8 COOEE+ shown lowest wearing susceptibility and highest texture stability.

The texture changes of the mixtures follow the expected trend where larger aggregate size results in rougher texture. It is difficult to say anything general about the different bitumen types from this test. Properly due to the fact that there is no significant chemical ageing during the test, the brittleness of aged bitumen did not come into play. It must be recognized that the tendency to use higher bitumen content might also lead into reduced texture deterioration.

### 6. References

- [1] Pettinari M. and B. Schmidt, 2016, Study of the influence of the Longitudinal Profile on Rolling Resistance properties of a test section in Denmark, Proceedings from TRB 95th Annual Meeting, Paper #16-2649.
- [2] Pettinari M., Jensen B. B. and B. Schmidt, 2016, Low Rolling Resistance pavements in Denmark, Proceedings from the Eurasphalt & Eurobitumen Congress 2016, Prague.
- [3] Kanitpong K. and H. Bahia, 2005, Relating Adhesion and Cohesion of Asphalts to the Effect of Moisture on Laboratory Performance of Asphalt Mixtures, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1901, Transportation Research Board of the National Academies, National Research Council, Washington, D.C., pp. 33–43.
- [4] Cuadri A. A., Partal P., Ahmad N., Grenfell J. and G. Airey, 2015, Chemically modified bitumens with enhanced rheology and adhesion properties to siliceous aggregates, Construction and Building Materials, vol.93, pp. 766-774.
- [5] Gorkem, C. and B. Sengoz, 2009, Predicting stripping and moisture induced damage of asphalt concrete prepared with polymer modified bitumen and hydrated lime, Construction and Building Materials, Volume 23, Issue 6, June 2009, pp. 2227–2236.
- [6] Cheng D., Little D. N., Lytton R. L., and J. C. Holste, 2002, Surface Energy Measurement of Asphalt and Its Application to Predicting Fatigue and Healing in Asphalt Mixtures, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1810, Transportation Research Board of the National Academies, National Research Council, Washington, D.C., pp. 44–53.
- [7] ISO/CD 13473-1, 2013, Characterization of pavement texture by use of surface profiles -- Part 1: Determination of mean profile depth.

[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

# UNE-EN 12697-1:2013: Contenido de ligante soluble

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

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

## 1. Objeto y principio del ensayo

Determinación del contenido de ligante soluble en mezclas bituminosas.

Este ensayo se emplea para efectuar el control de producción en fábrica así como comprobar el cumplimiento de las especificaciones de producto.

En el caso de mezclas con betunes modificados se deben seguir directrices específicas (anexo D).

## 2. Método operativo

Las muestras de ensayo se preparan de acuerdo con la Norma UNE EN 12697-28.

Para la determinación del contenido de ligante se siguen los pasos siguientes:

- Extracción del ligante por disolución, hasta asegurar que no quede ligante soluble adherido a los áridos.
- Separación de la materia mineral de la mezcla, registrando su masa y efectuando su granulometría, si es requerida.
- Determinación de la cantidad de ligante soluble.

NOTA: Si en la muestra de mezcla bituminosa se sospecha de la existencia de agua, se debe determinar el contenido de humedad siguiendo la UNE EN 12697-14.

Para el cálculo del porcentaje de ligante soluble en una mezcla bituminosa, la norma UNE EN 12697-1 describe 4 métodos distintos: cálculo por diferencia, por recuperación total, por recuperación parcial (cálculo por volúmenes) o por

recuperación parcial (cálculo por masas), determinando en todos los casos el porcentaje que representa la masa de betún soluble en el disolvente obtenido respecto a la masa total de la muestra de la mezcla ensayada.

El procedimiento para la determinación por incineración de la materia mineral residual en el ligante extraído viene recogido en el anexo C de la norma.

Para mezclas con ligantes modificados se deben seguir las indicaciones del anexo D de la norma. Se debe elegir convenientemente el disolvente apropiado para cada tipo de betún modificado con polímeros así como verificar la solubilidad del ligante en el mismo de acuerdo con la norma UNE EN 12592.

## 3. Equipamiento

La realización de este ensayo, en función del método seleccionado, precisa diferente equipamiento, todos ellos, diseñados para extraer el betún de la mezcla, y que pueden ser los siguientes (anexo B de la norma):

### B.1. Separación del ligante.

- B. 1.1. Extractor en caliente (filtro de papel).
- B. 1.2. Extractor en caliente (filtro de malla metálica).
- B. 1.3. Extractor Soxhlet.
- B. 1.4. Máquina de rotación de botellas.
- B. 1.5. Extractor centrífugo.
- B. 1.6. Disolución del betún por agitación en frío de la mezcla.

### B.2. Separación de la materia mineral.

- B. 2.1. Centrífuga de flujo continuo.
- B. 2.2. Filtro a presión (no recomendable para betunes con polímeros).

- B. 2.3. Centrífuga de tubos (tipo 1, aceleración hasta 30.000 m/s<sup>2</sup>).
- B. 2.4. Centrífuga de tubos (tipo 2, aceleración hasta 40.000 m/s<sup>2</sup>).

### B3. Contenido de ligante soluble.

- B. 3.1. Método recuperación empleando cálculos por volúmenes.
- B. 3.2. Método recuperación empleando cálculos por masas.

Además, del equipamiento específico se requiere una balanza con precisión del 0,05 % de la masa de la mezcla así como un equipo (estufa) para el calentamiento y/o secado de los áridos o la muestra de mezcla bituminosa.

### 4. Puntos críticos

La realización de este ensayo requiere el empleo de algunos disolventes que sean capaces de disolver el betún, que están catalogados como peligrosos para la salud y están sujetos a límites de exposición profesional en la legislación vigente. Se deben extremar las medidas de seguridad y medioambientales en este aspecto.

Cuando se van a realizar ensayos de mezclas con betunes modificados, es necesario determinar previamente el tipo de disolvente y la solubilidad del ligante en el citado disolvente, para evitar la posible precipitación del polímero no solubilizado.

Deben tenerse en cuenta los materiales constituyentes en la determinación de la composición de las mezclas bituminosas, empleando cualquiera de los métodos normalizados (UNE EN 12697-1 o UNE EN 12697-39), dada la posible influencia en el resultado final del ensayo, como son los áridos por su naturaleza o elevada absorción, el tipo de ligante en el caso de ser modificado y los aditivos empleados, como por ejemplo las fibras o el polvo de caucho.

### 5. Comentarios

Es recomendable determinar el contenido de agua de la muestra de ensayo empleada, en mayor grado cuando se hayan utilizado áridos con elevada porosidad.

En el informe de resultados de los ensayos se debe indicar toda la información posible sobre el procedimiento empleado para la realización de los ensayos, así como los datos de las muestras. También, cuando se utilicen betunes modificados hay que indicar el tipo de disolvente empleado y los resultados del ensayo de solubilidad.

En la norma se indican los resultados de varios interlaboratorios realizados en distintos países de la UE para conocer la precisión del ensayo, obteniendo valores de repetibilidad entre 0,3 y 0,2 y de reproducibilidad entre 0,3 y 0,5.

Este método de ensayo es el que aparece en el PG-3 como ensayo de control para verificar la composición de la mezcla, aunque existen otros ensayos complementarios que pueden servir de apoyo para verificar los resultados obtenidos con esta metodología (contenido de ligante por incineración, UNE EN 12697-39).

### 6. Bibliografía

- UNE-EN 12697-1. Contenido de ligante soluble.
- UNE-EN 12697-2. Granulometría de los áridos.
- UNE-EN 12697-14. Contenido de agua.
- UNE-EN 12697-27. Toma de muestras.
- UNE EN 12697-28. Preparación de la muestra.
- UNE-EN 12697-39. Contenido de ligante por ignición.
- UNE EN 12592. Solubilidad.

*Es un ensayo tradicional, empleado como único método de ensayo para determinar el contenido de betún durante muchos años, y con buena repetibilidad y reproducibilidad, debiendo tenerse en cuenta las advertencias de seguridad y aspectos medioambientales por la peligrosidad del empleo de disolventes durante el proceso.*

# 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 27 de marzo hasta el 13 de septiembre de 2017.

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

### NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE EN 13587 (Publicada en Julio de 2017).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de los ligantes bituminosos por el método de tracción

### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PPNE-prEN 1431 (Última publicación año 2009).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación por destilación del ligante residual y de los fluidificantes en las emulsiones bituminosas
- **PNE-prEN 12591 (Última publicación año 2009).** Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación
- **PNE-prEN 13302 (Última publicación año 2010).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica de los ligantes bituminosos usando un viscosímetro de rotación de aguja
- **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 13398 (Última publicación año 2010).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la recuperación elástica de los betunes modificados
- **PNE-prEN 13399 (Última publicación año 2010).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la estabilidad al almacenamiento de los betunes modificados
- **PNE-prEN 13588 (Última publicación año 2008).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la cohesión de los ligantes bituminosos mediante el ensayo de péndulo
- **PNE-prEN 13589 (Última publicación año 2008).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de betunes modificados por el método fuerza-ductilidad
- **PNE-prEN 13702 (Última publicación año 2010).** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica del betún modificado por el método del cono y la placa

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

### NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE EN ISO 11819-2 (Publicada en Julio de 2017).** Acústica. Medida de la influencia de la superficie de la carretera en el ruido de rodadura. Parte 2: Método de proximidad
- **UNE EN 12697-35 (Publicada en Julio de 2017).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 35: Mezclado en laboratorio
- **UNE EN 14187-2 (Publicada en Julio de 2017).** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 2: Determinación del tiempo de pegajosidad
- **UNE EN 14187-3 (Publicada en Julio de 2017).** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 3: Determinación de las propiedades autonivelantes
- **UNE EN 14187-4 (Publicada en Julio de 2017).** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 4: Determinación de la variación de más y volumen después de la inmersión en carburante de ensayo y en productos químicos líquidos
- **UNE EN 14187-6 (Publicada en Julio de 2017).** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 6: Determinación de las propiedades de adherencia y cohesión después de la inmersión en combustibles de ensayo y en productos químicos líquidos

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

#### Normativa publicada (continuación)

- **UNE EN 14187-8 (Publicada en Julio de 2017).** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 8: Determinación del envejecimiento artificial por radiación ultravioleta

#### Normativa en proyecto

- **PNE-EN 12274-1 (última publicación año 2002).** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Toma de muestras
- **PNE-EN 12274-2 (última publicación año 2003).** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del contenido en ligante residual incluida la preparación de las muestras
- **PNE-EN 12274-3 (última publicación año 2002).** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3: Consistencia
- **PNE-EN 12274-4 (última publicación año 2003).** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la cohesión de la mezcla
- **PNE-EN 12274-5 (última publicación año 2003).** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación del contenido mínimo de aglomerante y resistencia al desgaste
- **PNE-EN 12274-6 (última publicación año 2002).** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Velocidad de aplicación
- **PNE-prEN 12697-8 (última publicación año 2003).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas
- **PNE-prEN 12697-10 (última publicación año 2007).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 10: Compactibilidad
- **PNE-prEN 12697-12 (última publicación año 2009).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua
- **PNE-prEN 12697-13 (última publicación año 2001).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 13: Medición de la temperatura
- **PNE-EN 12697-16 (última publicación año 2006).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 16: Abrasión por neumáticos claveteados
- **PNE-EN 12697-17 (última publicación año 2007).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 17: Pérdida de partículas de una probeta de mezcla bituminosa drenante
- **PNE-prEN 12697-18 (última publicación año 2006).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 18: Ensayo de escrimiento de ligante
- **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 12697-24 (última publicación año 2013).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 24: Resistencia a fatiga
- **PNE-EN 12697-25 (última publicación año 2006).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 25: Ensayo de compresión cíclico
- **PNE-prEN 12697-26 (última publicación año 2012).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-prEN 12697-27 (última publicación año 2001).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 27: Toma de muestras
- **PNE-prEN 12697-33 (última publicación año 2007).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placas
- **PNE-FprCEN/TS 12697-50 (norma nueva).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 50: Resistencia al desgaste
- **PNE-FprCEN/TS 12697-51 (norma nueva).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 51: Ensayo de resistencia superficial al corte
- **PNE-FprCEN/TS 12697-52 (norma nueva).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 52: Acondicionamiento para determinar el envejecimiento oxidativo
- **PNE-prEN 13036-5 (norma nueva).** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-1 (última publicación año 2008).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA

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

## Normativa en proyecto (continuación)

- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-8 (última publicación año 2007).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 8: Mezcla bituminosa reciclada
- **PNE-EN 13108-9 (norma nueva).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 9: Mezcla bituminosa tipo AUTL
- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009).** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-prEN 13285 (última publicación año 2010).** Mezclas de áridos sin ligante. Especificaciones
- **PNE-prEN 13473-1 (última publicación año 2006).** Caracterización de la textura de pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 1: Determinación de la profundidad del perfil
- **PNE-prEN 13880-6 (última publicación año 2006).** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 6: Método para la preparación de muestras de ensayo
- **PNE-prEN 13880-7 (última publicación año 2004).** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 7: Ensayo de funcionamiento de productos de sellado
- **PNE-prEN 13880-8 (última publicación año 2004).** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 8: Método de ensayo para la determinación de la variación de la masa de los productos de sellado resistentes a los carburantes después de la inmersión en carburante
- **PNE-prEN 13880-10 (última publicación año 2004).** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 10: Método de ensayo para la determinación de la adherencia y de la cohesión después del alargamiento y compresión continuados
- **PNE-prEN 13880-13 (última publicación año 2004).** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 13: Método de ensayo para la determinación del alargamiento discontinuo (ensayo de adherencia)
- **PNE-EN 14187-1 (última publicación año 2004).** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 1: Determinación de la tasa de polimerización
- **PNE-EN 14187-5 (última publicación año 2004).** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 5: Determinación de la resistencia a la hidrólisis
- **PNE-prEN 14187-7 (última publicación año 2004).** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 7: Determinación de la resistencia a la llama
- **PNE-prEN 14187-9 (última publicación año 2007).** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 9: Ensayo de funcionamiento de productos de sellado
- **PNE-prEN 14188-2 (última publicación año 2005).** Productos de sellado de juntas. Parte 2: Especificaciones para productos de sellado aplicados en frío

## ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146)

## Normativa en proyecto

- **PNE-prEN 13043 (última publicación año 2004).** Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas
- **PNE-prEN 1097-2 (última publicación año 2010).** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
- **PNE-prEN 1097-8 (última publicación año 2010).** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado
- **PNE-prEN 16236 (norma nueva).** Evaluación de la conformidad de los áridos. Ensayos iniciales de tipo y control de producción en fábrica

### COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

- En esta entrega ha pasado como norma publicada un método de ensayo para la determinación de las propiedades de tracción de los betunes.
- Destacar el trabajo realizado por el Comité de Mezclas Bituminosas en el desarrollo de normas de ensayo para la evaluación de las características superficiales de los pavimentos. Muestra de ello es la publicación de una norma para evaluar las propiedades acústicas a partir de la influencia de la superficie de la carretera en el ruido de rodadura, e incluido como proyecto de norma, una nueva norma para la determinación del índice de regularidad superficial longitudinal (EN 13036-5).
- En cuanto a las propiedades y características de las mezclas bituminosas, indicar que se ha incorporado dentro de las normas en proyecto, la revisión de la norma de especificaciones para las mezclas tipo hormigón bituminoso así como el método de ensayo para la determinación del contenido de huecos.
- En cuanto al Comité de Áridos no ha tenido lugar ninguna modificación.

### OTRAS NOTICIAS

#### AVANCE DEL PLAN ESTATAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA Y DE INNOVACIÓN 2017-2020. CONSULTA PÚBLICA 11 DE JULIO DE 2017. PUBLICADO POR EL MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

El PLAN ESTATAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y DE INNOVACIÓN 2017-2020 constituye, junto con el Plan Estatal correspondiente al período 2013-2016, un instrumento fundamental de la Administración General del Estado, para el desarrollo y consecución de los objetivos de la Estrategia Española, y de la Estrategia Europa 2020. Por tanto, es el principal instrumento de las políticas que recoge las ayudas estatales destinadas a la I+D+i.

El PLAN ESTATAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y DE INNOVACIÓN 2017-2020 está dirigido a todos los agentes del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación tanto públicos como privados, responsables de: (a) la ejecución de las actividades de I+D+I; (b) la difusión y promoción de los resultados; y (c) la prestación de servicios de I+D+I para el progreso científico, tecnológico y la innovación del conjunto de la sociedad y la economía españolas.

Este es el primer Plan Estatal gestionado, en el ámbito de sus competencias por la AGENCIA ESTATAL PARA LA INVESTIGACIÓN<sup>19</sup> creada en noviembre de 2015.

El PLAN ESTATAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA Y DE INNOVACIÓN 2017-2020, alineado con los objetivos establecidos en la ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y DE INNOVACIÓN 2013-2020, tiene como fin último contribuir e impulsar el liderazgo científico y tecnológico del país y las capacidades de innovación como elementos esenciales para la creación de empleo de calidad, la mejora de la productividad y la competitividad empresarial, la mejora en la prestación de los servicios públicos y, finalmente el desarrollo y bienestar de los ciudadanos.

Dentro de los objetivos se encuentra desarrollar y consolidar las fortalezas científicas tecnológicas y la innovación en beneficio de los grandes retos de la sociedad a partir del programa estatal de I+D+i.

Uno de los temas se encuentran referidos al Transporte Sostenible, Inteligente y Limpio y dentro de éste se especifica que se encuentra englobada "La investigación y aplicación de NUEVOS MATERIALES AVANZADOS PARA EL TRANSPORTE, pavimentos y construcción de infraestructuras, incluidos los de recuperación y reciclado".

[https://www.cdti.es/recursos/doc/Informacion\\_corporativa/Noticias/Comunicados/2522\\_127127201710232.pdf](https://www.cdti.es/recursos/doc/Informacion_corporativa/Noticias/Comunicados/2522_127127201710232.pdf)

# XII Jornada Nacional de Asefma

## La conservación viaria contribuye a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) celebró su XII Jornada Nacional, donde investigadores, administradores de carreteras y profesionales del sector viario demostraron la influencia directa de la conservación viaria en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. El secretario general de infraestructuras del Ministerio de Fomento, Manuel Niño, trasladó el compromiso del Grupo de Fomento con la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el cumplimiento de los objetivos marcados por la Conferencia de París sobre el Clima (COP21) y avanzó previsiones presupuestarias en materia de conservación.

La XII Jornada Nacional de Asefma, coordinada por Ángel Sampedro, se desarrolló en torno a la influencia que ejerce el estado de conservación de las carreteras en las emisiones de los vehículos que circulan por esas carreteras. Muy especialmente en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En la inauguración participaron el presidente de Asefma, Juan José Potti; el director de la Asociación Europea de Asfalto y Pavimento (EAPA), Carsten Karcher, y el secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, Manuel Niño. Potti subrayó la necesidad de adaptar las carreteras para hacerlas más "sostenibles y amigables con el medio ambiente, innovadoras, inteligentes y seguras". En esta línea, afirmó que el sector del asfalto es uno de los que más pueden contribuir a hacerlo posible dentro del mundo de la carretera por su alta capacidad innovadora (actualmente hay 35 proyectos nacionales e internacionales de I+D sobre mezclas asfálticas en curso), potencial de comunicación y proyección internacional. "España es referencia internacional en proyectos vinculados a la pavimentación asfáltica", subrayó.

La actividad que desarrolla el sector del asfalto en España es, sin embargo, muy inferior a la que le correspondería por el tráfico y a la longitud de su red de carreteras, informó el presidente de Asefma. España debería producir entre 30 y 35 millones de toneladas de mezclas asfálticas -es decir: "más del doble de lo que produce en la actualidad"-, el sector tiene la capacidad pero falta la inversión pública.

### *Compromiso medioambiental del Ministerio y previsiones para 2017*

Durante su intervención, el secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, Manuel Niño, trasladó el

compromiso del grupo de Fomento con la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el cumplimiento de los objetivos marcados por la Conferencia de París sobre el Clima (COP21) mediante acciones concretas tanto en materia de infraestructuras como de transporte. "En España, el sector del transporte es responsable del 25% de las emisiones totales. Dentro de ese 25%, las carreteras son responsables del 92%".

En materia de carreteras, "Fomento está llevando a cabo medidas destinadas a lograr mayor eficiencia energética y reducción de emisiones de gases contaminantes", afirmó Niño. En este sentido, destacó la "reutilización de residuos en mezclas bituminosas de acuerdo a orden circular de la Dirección General de Carreteras relativa a la reutilización de firmes y la inclusión de valores medioambientales en los pliegos de condiciones de contratación de SEITTSA y de la propia Dirección de Carreteras".

Respecto a previsiones económicas, Niño comenzó recordando que Fomento gestiona 26.000 kilómetros de la red viaria del país y por la misma circulan el 52% de los viajeros y el 63% de las mercancías por carretera. A continuación, señaló que durante el período 2012-16 "las inversiones realizadas en carreteras han ascendido a 12.989 millones de euros, de los cuales 8.280 millones a construcción de nuevas carreteras y 4.708 millones a conservación", expresó. Sin embargo, afirmó que "este desfase entre construcción y conservación ya ha comenzado a corregirse y en el presupuesto prorrogado del 2017 se destina 958 millones de euros a conservación y 955 millones a obras de nueva construcción". El desglose de los 958 millones de euros de conservación corresponde a 380 millones para conservación integral, 300 millones en autovías de nueva generación y más de 250 millones a obra de conservación y rehabilitación.

“Es interés de la Dirección General de Carreteras realizar una mejor evaluación en las ofertas presentadas por las empresas constructoras reconociendo el esfuerzo que realizan los fabricantes de mezclas asfálticas en su afán de producir y de aplicar mezclas de manera sostenible con el medio ambiente tanto en obras de rehabilitación de firmes como en las de conservación integral”, concluyó Manuel Niño.

Por su parte, Carsten Karcher hizo referencia durante su intervención al documento europeo sobre la reducción de CO<sub>2</sub> derivada del mantenimiento y conservación de carreteras elaborado por EAPA en colaboración con la asociación europea de pavimentos de hormigón Eupave y el Foro de Laboratorios Nacionales Europeos de Investigación Vial FEHRL. “Con acciones de conservación viaria, la Unión Europea puede ahorrar 28 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> procedentes del transporte por carretera”, afirmó. Dicha cifra corresponde al incremento de consumo de combustible y de emisiones en la UE que se estima derivan de pavimentos mal conservados respecto a los que se mantienen en estado óptimo. El máximo representante del sector del asfalto en Europa también subrayó que las carreteras en la UE mueven 110.000 millones de euros al año y producen 600.000 empleos. Al respecto, resaltó que “cada euro invertido en carreteras genera tres euros en actividad”.

### *Premio a la Mejor Práctica Medioambiental de 2017*

Durante la celebración de esta XII Jornada Nacional, Asefma otorgó a CHM Infraestructuras el Premio Mejores Prácticas Ambientales (MPA) en el ámbito de la fabricación, extendido, aplicación y transporte de mezclas asfálticas por su investigación sobre pavimentos asfálticos reflectantes para la mitigación del cambio climático.

La investigación desarrollada por CHM, en colaboración con el Centro Tecnológico de la Construcción (Ctcon), se enmarca dentro del proyecto de I+D “Repara 2.0, entre cuyos objetivos se encuentra el desarrollo de pavimentos de alta reflectancia solar- SR capaces de reducir el calentamiento de las superficies de las ciudades y en consecuencia la temperatura ambiente.

Los resultados obtenidos de la investigación ganadora del Premio MPA 2017 muestran que la implantación de pavimentos de alta reflectancia mitigan el efecto “isla de calor” que se produce en las ciudades y contribuyen de manera preventiva al cambio climático.

En esta línea, la investigación de CHM revela que los pavimentos reflectantes contribuyen a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, por su impacto sobre el ahorro de consumos energéticos para climatización e iluminación urbana, y mitigan los efectos del exceso de calor en verano en zonas urbanas, lo que se traduce en una mejora de la comodidad y salud de los peatones.

El Premio Mejores Prácticas Ambientales quiere visibilizar los esfuerzos realizados en I+D en materia de mezclas asfálticas que reporta avances técnicos, económicos, sostenibles y responsables con el medioambiente, en respuesta a la creciente sensibilidad medioambiental de las entidades fabricantes de asfalto y aquellas vinculadas a su producción, transporte y aplicación.

### *Desarrollo de las Jornadas*

Una vez terminada la presentación, comenzó el bloque de sesiones técnicas. Alberto Bardesi coordinaba la Primera mesa, titulada Estudios recientes sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la actividad de pavimentación, y en la que se trataron aspectos como el análisis de ciclo de vida (ACV) de la fabricación, transporte y puesta en obra de mezclas bituminosas; valoración económica y ambiental; valoración de las técnicas existentes para reducir el impacto total; y análisis del refuerzo de firmes desde el punto de vista del ACV. Intervinieron Ángel Sampedro, de la Universidad Alfonso X El Sabio, con una exposición acerca de los valores obtenidos aplicando el ACV a las actividades de fabricación, transporte y puesta en obra de extendido de mezclas bituminosas; Alberto Moral, de Cartif, quien presentó la herramienta ACV para establecer el análisis comparativo de varias secciones de firme de la norma 6.1-IC, y Miguel Ángel del Val, de la Universidad Politécnica de Madrid, que hizo referencia al Acuerdo de París como base de las políticas de conservación de carreteras.

La segunda sesión, coordinada por Jesús Felipo, consistió en una mesa redonda sobre las cuestiones ambientales (emisiones, ruido, gestión de residuos, reciclado y reutilización, etc.) vinculadas con el entorno urbano y las exigencias ciudadanas. José Miguel Baena, Javier Carvajal, Pilar Vila, Carmen Espejo y Jorge Berzosa desgranaron las nuevas mezclas bituminosas adaptadas al entorno urbano; la Compra Pública para la Innovación (CPI) en la conservación de pavimentos

urbanos; la problemática de las vías urbanas frente a los nuevos modos de transporte urbano; el ruido urbano y medidas para reducir su impacto; el desarrollo del concepto de la Smart City y las nuevas necesidades en las infraestructuras, y la conservación preventiva frente a la conservación curativa en las vías urbanas. Por su parte, Jean-Claude Roffé, director general del Comité Organizador del PPRS, realizó una conferencia en torno a las experiencias del encuentro celebrado en 2016 y objetivos para la próxima edición, que se desarrollará en Niza (Francia) en 2018.

Una vez concluyeron estas dos sesiones, el coordinador de la Jornada, Ángel Sampedro, presentó las conclusiones de la mañana.

La segunda jornada comenzó con una presentación, a cargo de Ángel Sampedro, Francisco José Lucas, Jesús Felipe y José Luis Peña, de las cuatro nuevas monografías elaboradas por Asefma y publicadas en 2017: Mezclas tipo SMA (Stone Mastic Asphalt); Asfalto recuperado de pavimentos asfálticos (RA). Guía de buenas prácticas; Metodología de diseño de mezclas bituminosas. Parte I, y Modelo de documento de gestión preventiva de la obra / Plan de seguridad y salud para actividades relacionadas con la pavimentación de carretera. Este tercer bloque de contenidos finalizó con una conferencia, en torno a la Guía para la aplicación de la valoración ambiental de las alternativas disponibles en los proyectos de construcción y conservación de carreteras de la Comunidad de Aragón, pronunciada por Jorge Ortiz.

### Comunicaciones libres

El Comité Técnico de Asefma seleccionó seis comunicaciones, entre decenas de trabajos técnicos presentados, para presentar en el programa de la XII Jornada Nacional, dentro de una sesión específica coordinada por Francisco José Lucas, Vicente Pérez y José Luis Peña, que resumieron los contenidos aportados por las comunicaciones no seleccionadas. Los seis trabajos que se presentaron y optaron al premio a la mejor comunicación libre son:

- Análisis del empleo de betunes modificados como alternativa para la optimización de la conservación de carreteras de bajo volumen de tráfico, presentada por Fernando Moreno et al.

- Reutilización de subproductos derivados del refinado de petróleo para la construcción de carreteras bajas en emisiones, presentada por Miguel del Sol et al.
- Fenómenos reversibles en los ensayos cíclicos de los ligantes bituminosos, presentada por Ramón Botella et al.
- El impacto de los rejuvenecedores en las mezclas recicladas en caliente elaboradas con altos porcentajes de RA, presentada por Domingo Pérez Madrigal et al.
- Sobreestimación de huecos en mezclas discontinuas para capas de Rodadura: el caso BBTM 11B, presentada por Pablo Álvarez Troncoso et al.
- Comportamiento y evolución de las características superficiales de las mezclas bituminosas ultradelgadas, presentada por José Ramón López Marco et al.

Finalmente, Asefma otorgó el premio a la mejor comunicación 2017 al equipo de investigación liderado por Pablo Álvarez Troncoso, de la empresa Becsa. El estudio de la "sobreestimación de huecos en mezclas discontinuas para capas de Rodadura: el caso BBTM 11B" en mezclas bituminosas destacó de forma especial entre las 25 investigaciones, de alta calidad técnica, que concurrían por el reconocimiento nacional de la entidad que representa a los fabricantes españoles de asfalto. El proyecto ganador fue seleccionado por su rigor científico, innovación, impacto sobre el sector y calidad expositiva.

La singularidad del ensayo estudiado por la entidad cabecera del grupo Obinesa reside en el propio objeto del trabajo que corresponden a una tipología de mezclas asfálticas muy empleada cuando se requieren altas prestaciones del pavimento (especialmente en autopistas y carreteras de alta intensidad de tráfico) pero cuya fabricación y puesta en obra necesita, igualmente, un estricto control de calidad. En esta línea, uno de los parámetros fundamentales del control de calidad es el nivel de densificación de la mezcla asfáltica una vez aplicada en el pavimento. Los métodos de control de calidad actuales ofrecen ciertas lagunas a la hora de su ejecución y el trabajo de Becsa referido a la sobreestimación de huecos en mezclas discontinuas para capas de Rodadura expone una potencial solución a las deficiencias existentes hoy en día.

### *Mesa de directores generales*

Cinco comunidades autónomas respondieron a la llamada de los fabricantes españoles de asfalto para exponer su política de gestión de carreteras, actualizar previsiones presupuestarias y presentar sus compromisos medioambientales. Asefma reunió en la Jornada al director general de Carreteras de la Comunidad de Madrid, José Trigueros; el director general de Infraestructures i Mobilitat Terrestre de la Generalitat de Catalunya, Xavier Flores; la subdirectora general de Infraestructuras de Andalucía, Susana Benavides; el director general de Carreteras de Castilla y León, Luis Alberto Solís, y el director general de Infraestructuras del Principado de Asturias, José María Pertierra. Los titulares de carreteras de las cinco comunidades autónomas explicaron su inversión en infraestructuras viarias y expusieron medidas para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del transporte por carreteras. El capítulo de refuerzo de firmes ha sido uno de los mayores perjudicados en materia de conservación de carreteras durante los últimos ocho años. El sector cerró 2016 con una producción de 13,2 millones de toneladas, lo que supone una caída del 19,5% respecto al ejercicio anterior y el peor resultado productivo de las últimas décadas. Dicha ausencia de inversión en conservación viaria tiene una incidencia directa sobre la generación de emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del transporte por carretera que, en el caso de la UE, se estima en 28 millones de toneladas.

Las restricciones y medidas de control de gasto que afectan al presupuesto dedicado a conservación viaria siguen vigentes a pesar del despegue económico del país y los recursos asignados a las Direcciones Generales de Carreteras continúan siendo claramente insuficientes para garantizar el mantenimiento del patrimonio viario, según manifestaron los responsables de carreteras de Madrid, Cataluña, Andalucía, Castilla y León y Asturias, quienes también coincidieron en la necesidad de valorar el impacto medioambiental de la conservación viaria, tanto en materia de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la conservación de carreteras como en la reutilización de materiales y en la incorporación de soluciones innovadoras medioambientalmente amigables para pavimentos.

### *Premios Blogueros del Asfalto 2017*

Asefma resuelve el II Premio Blogueros del Asfalto, que reconoce a las bitácoras más representativas del sector en ma-

teria de ingeniería civil, carreteras y mezclas asfálticas. Se alzan con el premio las bitácoras de MOS Ingenieros (en la categoría de blogs personales), Aggregatte (blogs corporativos) y Structuralia (blogs educativos) así como el post “¿Será finalmente el cambio climático el impulsor de las técnicas de pavimentación con emulsiones bituminosas?” de María del Mar Colas en el blog de ATEB.

MOS Ingenieros, blog de Jorge Sánchez, se presentaba al Premio en la categoría de Blogs personales con un total de 63 votos obtenidos mediante votación popular y concurría con “Ingeniería Real” y “Accidentes de tráfico y seguridad vial”.

En la categoría de blogs corporativos, fue galardonado el blog de Aggregatte que entraba en la fase final de los premios con 136 votos populares, junto a Licitacivil y Dobooku. En la modalidad de blogs educativos, fue premiada la bitácora de Structuralia, que compartía candidatura al premio con el blog de Víctor Yepes (del mismo nombre que el autor) y “No solo Carreteras” de Miguel Ángel del Val. Finalmente, en la categoría “Mejor post del Asfalto 2017” fue seleccionado el post de M<sup>a</sup> Mar Colas “¿Será finalmente el cambio climático el impulsor de las técnicas de pavimentación con emulsiones bituminosas?”. También eran candidatos al premio “Cuando calienta el sol...”, escrito por Julio López en el blog del proyecto Repara 2.0 y “Pavimentos ecológicos, muy sostenibles, verdes y amigos del medio ambiente”, escrito por Jorge Ortiz en su blog “Mezclas y mezcolanzas bituminosas”.

La entrega ha tenido lugar durante el II encuentro de Blogueros del Asfalto, bajo el telón de fondo de la XII Jornada Nacional de Asefma. Dicho evento, coordinado por el presidente de Asefma Juan José Potti y la directora de comunicación de dicha entidad, Bárbara Fernández, fue retransmitido en streaming por el instituto técnico Itafec. En Twitter desarrolló un debate paralelo con hashtag #BloguerosdelAsfalto que, según la herramienta de medición Tweet-Binder, contó con la participación de 95 usuarios, registró 480 tweets, generó 5.146.140 impresiones y alcanzó una audiencia estimada en 325.834 usuarios.

# Innovacarretera 2017 (#Innovacarretera2017)

## Un escaparate para la innovación del sector

Nadie duda, y las cifras así lo reafirman, que la carretera es el más importante vector de movilidad de personas y mercancías. Desde la más humilde carretera local, que es la que permite el acceso de servicios básicos como sanidad o educación, pasando por las vías de alta intensidad de tráfico hasta las calles de las ciudades y pueblos. Todas ellas contribuyen a facilitar nuestra vida diaria y a ser uno de los motores del desarrollo económico y social.

Sin embargo, en los últimos años las carreteras han perdido el glamour que las asociaba a un alto nivel de desarrollo, habiéndose dado por supuesto que su existencia apenas requiere intervención y que poco más se puede obtener de un tipo de transporte ya maduro.

Afortunadamente, la ciencia y la tecnología han permitido que las carreteras vuelvan a ser foco de atención debido a dos revoluciones tecnológicas de las que estamos siendo testigos: la electrificación de los vehículos y el desarrollo de la conducción autónoma. El desarrollo de ambas está llegando a la ciudadanía de forma progresiva mediante el impulso que la industria del automóvil está realizando a nivel de I+D+i, por lo que ya es relativamente común que empleemos vehículos eléctricos o que dispongamos en los mismos de sistemas de ayuda a la conducción más o menos avanzados.

Lo que no es tan conocido por la mayor parte del público son las implicaciones tecnológicas que el uso de estos vehículos novedosos puede generar sobre las propias infraestructuras de

carreteras: puntos y sistemas de carga de baterías, sistemas de ayuda al guiado de los vehículos, ITS avanzados, etc.

Para los profesionales del sector, el conocer el grado de avance de todas estas tecnologías es fundamental y por ello la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC) organiza la 4ª edición del evento Innovacarretera.

¿Qué tiene de particular Innovacarretera?. Dos son los elementos que caracterizan a este evento: la posibilidad de acceder de forma próxima a los desarrollos expuestos, mediante prototipos, pruebas en directo o ensayos a escala real. La segunda particularidad es la transversalidad de los contenidos. Existen diversos eventos de sectores más específicos (ingeniería civil, seguridad vial, ITS etc) pero ninguno aborda el mundo de la carretera de una forma tan global, por lo que tanto los técnicos de las administraciones públicas como los de empresas, universidades y centros tecnológicos tienen una oportunidad de conocer de forma integral la frontera del desarrollo tecnológico del mundo de la carretera.



Sin llegar al impacto mediático que la electrificación de la carretera o la conducción autónoma, también se está produciendo un gran cambio en lo que, por analogía semántica de otros sectores, se denomina Factoría 4.0. La digitalización del mundo de la carretera es un hecho: en las fases de proyecto y construcción el uso de BIM (Building Information Modelling), oficinas técnicas digitales, sistemas de control de calidad a gran escala y no destructivos, monitorización de las infraestructuras viarias, control de la movilidad etc. Todos ellos están aportando un nuevo entorno que favorecerá la calidad y control de costes de la construcción y mantenimiento de las infraestructuras, la gestión del tráfico etc, teniendo en cuenta que son tan importantes los elementos tangibles como los intangibles (datos). Es más, se empieza a hablar de la explotación de la información generada en las carreteras, surgiendo dilemas como ¿a quién pertenece dicha información?

El día 7 de noviembre es una fecha a destacar en las agendas de todos los interesados en el sector de la carretera ya que tendrán la oportunidad de conocer en una mañana las tecnologías más relevantes. Además, por el modelo escogido de organización se ha buscado que se favorezca la interlocución de todos los miembros del sector, habiéndose organizado también una feria/exposición de los principales proyectos de I+D+i que están en marcha. Además de ver y oír diversas intervenciones en las salas y escenarios disponibles, se busca el contacto personal entre especialistas, favoreciendo el networking de los profesionales del sector. Esta 4ª edición de Innovacarretera es una evolución de las ediciones anteriores, buscando un mayor dinamismo e interlocución entre el “mercado” y los generadores de I+D+i, siendo ambos elementos complementarios e imprescindibles en un sistema ciencia/innovación eficiente.

Por último, destacar el lugar del evento: la Nave Boettcher (Madrid). Un espectacular edificio con unas instalaciones que ayudarán a dar el dinamismo necesario para un evento tan denso en contenidos. Desde la PTC emplazamos a toda la familia del sector de la carretera a participar mostrando el potencial tecnológico o a asistir para conocer, divulgar y, si es posible, apoyar la llegada al mercado de las tecnologías mostradas. Ya han confirmado su participación las siguientes organizaciones:

- Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA)
- EMT Madrid
- Tecment
- AMAC
- ITD
- Multienlace S.L.
- Faplisa
- Sacyr
- Becsa
- Universidad Politécnica de Cataluña
- Universidad Carlos III de Madrid.
- Centro Tecnológico de Automoción de Galicia (CTAG)
- Treelogic
- Centro Tecnológico CARTIF
- Collosa
- GITECO
- Acciona

Más información sobre el evento puede visualizarse en el siguiente enlace: <http://www.ptcarretera.es/innovacarretera-2/>

#61

### AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Un firme en mal estado propicia situaciones límite al conductor y al vehículo, aumentando los riesgos de accidente. Una adecuada conservación con mezclas asfálticas evita esos riesgos”

#CONFORT\_Y\_SEGURIDAD

# Calendario de eventos

## AÑO 2017

3 de octubre ATC	Jornada técnica soluciones sostenibles y adaptadas al cambio climático para firmes de carreteras de baja intensidad	Valladolid (España) www.atc-piarc.com
4-6 de octubre AET	Conferencia Europea sobre Transporte 2017 www.ptcarretera.es	Barcelona (España)
5 y 6 de octubre AMIVTAC	Simposio Internacional AMIVTAC sobre Innovación Tecnológica y su utilidad en las Vías Terrestres	Guadalajara (Jalisco, México) www.amivtacialisco.org/eventos/
16-19 de octubre ATC	VII Jornadas de seguridad vial	Toledo (España) www.atc-piarc.com
16-19 de octubre ARRA	2017 ARRA Semi-Annual Meeting	Minneapolis (Minnesota, EEUU) www.arrar.org
17 de octubre ATEB	Seminario de Microaglomerados en Frío en Murcia Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento	Murcia (España) www.ateb.es
19 de octubre Asefma	Lanzamiento de la encuesta VUELCA	Alicante (España) www.asefma.es
19-20 de octubre Colegio Caminos Galicia	III Congreso Internacional de Ingeniería Civil y Territorio de Galicia-Norte de Portugal	Vigo (España) www.aecarretera.com
23-25 de octubre AEMA	The Rocky Mountain West Pavement Preservation Partnership Meeting	Seattle (Washington, EEUU) www.pavementpreservation.org
7 de noviembre Plataforma Tecnológica de la Carretera (PTC)	Innovacarretera 2017	Madrid (España) www.ptcarretera.es
14 de noviembre IRF	18 <sup>th</sup> IRF World Road Meeting	New Delhi (India) https://wrm2017.org
20-21 de noviembre ISAP APE	The 4th International Symposium on Asphalt Pavements & Environment	Tokyo (Japón) https://confit.atlas.jp
27-30 de noviembre CILA	XIX Congreso Iberoamericano del Asfalto	Medellín (Colombia) www.cila2017.com
28-29 de noviembre PRAGOPROJEKT	The Conference Asphalt Pavements 2017	Praga (República Checa) www.asfaltove-vozovsky.cz/en/

## AÑO 2018

7-11 de enero TRB	TRB 97 <sup>th</sup> Annual Meeting	Washington, DC (EEUU) www.trb.org
22 de enero ISSA	Slurry Systems Workshop	Texas Station-Alas Vegas (EEUU) http://slurry.org
11-14 de febrero NAPA	NAPA Annual Meeting	San Diego, California (EEUU) www.asphaltpavement.org
22 de febrero EUROBITUMEN	Eurobitume Switzerland: "Bitumen Day 2018"	Berna (Suiza) www.eurobitume.eu
22 de febrero PIARC	15 <sup>th</sup> International Winter Road Congress	Gdansk (Polonia) www.piarc.org
23-28 de febrero AEMA-ISSA-ARRA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Indian Wells, California (EEUU) www.aema.org
6 de marzo National Center for Asphalt Technology	NCAT Pavement Test Track Conference	Auburn, Alabama (EEUU) www.pavetrack.com
6-8 de marzo World of Asphalt	World of Asphalt 2018	Houston, Texas (EEUU) www.worldofasphalt.com
26-28 de marzo PPRS	Second world congress on maintenance modernisation, adaptation of road's & streets for tomorrow's mobility	Niza (Francia) www.pprs2018.com
14-15 de junio EUROBITUMEN-EAPA	E&E Event Eurasphalt & Eurobitumen	Berlín (Alemania) www.eurobitume.eu



# NO invertir NO es la solución

Un firme en mal estado acelera el envejecimiento del parque automovilístico y **GENERA importantes SOBRECOSTES** en forma de **AVERÍAS, CONSUMO** de combustible y **EMISIONES DE CO<sub>2</sub>**

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

## OCTUBRE 2017

Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas

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

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
23/30	24/31	25	26	27	28	29



# La inversión en el MANTENIMIENTO de nuestro VIARIO URBANO NO ES UN CAPRICHIO

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

## NOVIEMBRE 2017

Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas

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

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			

# Mirando al pasado

Documento publicado en noviembre-diciembre de 1977.



## COMENTARIO DE ACTUALIDAD

Durante el pasado mes de octubre, tuvo lugar en Tokyo la VIII Reunión Mundial de la International Road Federation (IRF). Por su interés y brevedad, reproducimos aquí parcialmente el informe del Comité de Conclusiones del Congreso:

«El VIII Congreso Mundial de la IRF ha hecho destacar el amplio progreso conseguido mundialmente en el transporte por carretera durante los cuatro años transcurridos desde la reunión de Munich en 1973. Deseando un progreso continuo y acelerado, los delegados de los diversos países confirman los principios esenciales para la formulación de programas de transporte adecuados, equilibrados e integrados, tal como se aceptaron por el VII Congreso Mundial de la IRF en Munich.

Resolución 1.—La prosperidad de una nación depende en gran manera de la disponibilidad de un sistema de transporte económico, eficiente y ambiental y estéticamente aceptable, que permita el desplazamiento de personas y mercancías de unos lugares a otros.

En muchas partes del mundo, las carreteras son un medio básico para el desarrollo de la agricultura y para reducir el desplazamiento del público a los centros urbanos.

Redes de carreteras y calles bien planeadas, construidas y conservadas, juntamente con vehículos privados y públicos con características mejoradas en sus aspectos ambientales, constituyen una parte esencial de los medios de transportes urbano, interurbano y rural.

A medida que las viejas redes de caminos se hacen inadecuadas y anticuadas, debe realizarse un planeamiento continuo utilizando innovaciones tecnológicas e institucionales con vistas a desarrollar nuevos sistemas de carreteras, tanto en las zonas urbanas como fuera de ellas, como un proceso necesario de constante renovación. Con un porcentaje creciente de la población del mundo concentrada en grandes centros urbanos, el transporte individual por carretera no es suficiente para el desplazamiento al trabajo de grandes cantidades de personas. El transporte de masas, tanto por un creciente uso de los autobuses como por la utilización eficiente de los sistemas de ferrocarriles ya existentes, constituyen un complemento esencial.

El transporte por carretera tiene una flexibilidad, utilidad y atractivo que otras formas de transporte, restringido por el uso de terminales limitadas en número y de emplazamiento fijo, no pueden esperar alcanzar. La movilidad personal que los automóviles privados ofrecen a las personas permite más amplias oportunidades de empleo y mayor actividad social y recreativa. Cualquier restricción indebida en el uso del automóvil sólo puede afectar a la «calidad de vida» adversamente.

Resolución 2.—Los delegados reconocen la importancia de la rápida disminución de las reservas de petróleo conocidas en todo el mundo. Se adhieren a los esfuerzos globales encaminados a la conservación de combustibles mientras que se desarrollan nuevas fuentes de energía, de manera que un transporte por carretera creciente pueda continuar su función de desarrollo económico y social con seguridad y en armonía con el entorno. Sistemas de carreteras mejoradas significan más toneladas/kilómetro y más pasajeros/kilómetro en menos tiempo y con tasas de consumo de combustible más bajas, menor costo para el usuario y, sobre todo, mejores comunicaciones.»

Verdaderamente, estas conclusiones del VIII Congreso Mundial de Carreteras son suficientemente elocuentes por sí solas y no parece necesario extenderse mucho en comentarios adicionales. Cuantos de alguna manera desarrollan su actividad en relación con las carreteras y el transporte que las utiliza, están sin duda perfectamente convencidos de la solidez de los argumentos en que estas conclusiones se apoyan.

El esfuerzo que en España se ha realizado durante algunos años para transformar nuestra red de carreteras, de una de las peores de Europa que era, en una quizá de las mejores, dio sin duda frutos excelentes que ahora se encuentran comprometidos por las consecuencias de una crisis económica en la que las dificultades financieras están conduciendo a que esta red de carreteras no reciba una conservación que pueda considerarse suficiente.

Por ello, resulta interesante hacer resaltar en todos los lugares y por todos los medios posibles la importancia de estas resoluciones del Congreso Mundial de Carreteras que quizá puedan parecer perogrulladas a quienes toda la vida hemos estado predicando los mismos principios, pero que a veces se olvidan entre el tumulto y la confusión que otros problemas producen, con consecuencias desastrosas a la larga.



## Abrimos paso a nuevas ideas

¿Una carretera que descontamina el aire que respiramos? ¿Residuos domésticos reciclados en áridos para la carretera? ¿Pavimentos que en su fabricación ahorran energía y reducen la emisión de gases? ¿Pavimentos que absorben el ruido del tráfico? Hasta hace poco, estas ideas eran pura ficción. Actualmente ya tienen nombre: Noxepur®, Tempera®, Viaphone®..... y se utilizan diariamente con éxito. Para imaginar carreteras de mañana, creemos en las nuevas ideas, incluso en las más sorprendentes, por eso innovamos.

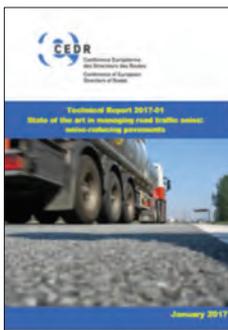
# Lecturas recomendadas

**Informe: "Situación y evolución de la economía circular en España".**  
COTEC-. 2017. 147 pp.

El objetivo de este informe es analizar la situación y evolución de la Economía Circular en España. En él se recogen y analizan los indicadores disponibles, se identifican algunos de los principales actores implicados, así como casos de éxito y buenas prácticas. El informe ha sido dirigido y coordinado por la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) en colaboración con la Asociación Internacional Reciclar Ciudad, (RECNET) y la Asociación para la Sostenibilidad y el Progreso de las Sociedades, (ASYPS).



<http://cotec.es/media/informe-CotecSBN-1.pdf>



**Informe: "Technical Report 2017-01. State of the art in managing road traffic noise: noise-reducing pavements".** CEDR. Enero 2017. 57 pp.

El objetivo principal del informe es poner los resultados obtenidos a disposición de todos los países miembros de la CEDR para que puedan aplicarse cuando se considere pertinente. El informe puede ser visto como un manual que presenta el estado del arte europeo a mediados de la década de los 2010's. El grupo objetivo de este informe son los ingenieros de carreteras, los planificadores y los encargados de la toma de decisiones. No es un informe escrito para especialistas en acústica de pavimentos y tecnología de pavimentos. El informe se elabora en el marco del grupo de trabajo "Road Noise" de la CEDR, que lo elaboró entre 2013 y 2016.

[www.cedr.eu/download/Publications/2017/CEDR-TR2017-01-noise-reducing-pavements.pdf](http://www.cedr.eu/download/Publications/2017/CEDR-TR2017-01-noise-reducing-pavements.pdf)

**Informe NCHRP 843: "Long-Term Field Performance of Warm Mix Asphalt Technologies".** 2016. 156 pp.

Este informe recoge la información obtenida en el Proyecto 9-49A del NCHRP, que se centra en el comportamiento en condiciones reales y a largo plazo de varias tecnologías de mezclas semicalientes (WMA). El estudio incluye 28 obras de mezclas semicalientes, incluidas cinco obras de nueva construcción (es decir, construidos durante el proyecto) y 23 obras ya en servicio, que abarcan diferentes periodo en servicio, volúmenes de tráfico, estructuras de pavimentos, tecnologías WMA y cuatro zonas climáticas de los Estados Unidos. Cada obra evaluada tiene un pavimento de control con mezclas en caliente y uno o más pavimentos con WMA. Los principales objetivos de este estudio son: Evaluación del rendimiento a largo plazo del campo de las WMA mediante la comparación de los deterioros (fisuración transversal, fisuración longitudinal en la trayectoria de la rueda y roderas) entre los pavimentos de mezclas en caliente y WMA; determinación de los factores clave de rendimiento examinando las mezclas y las propiedades que mejor caracterizan las prestaciones del pavimento; y recomendaciones sobre las mejores prácticas en relación al uso de las tecnologías de mezclas semicalientes.



<http://nap.edu/24708>

# Asphalt

**E**specialistas en productos Químicos y mejoras Tecnológicas para la industria asfáltica global, con dedicación exclusiva y asesoramiento personalizado.

**T**otal compromiso con la innovación y desarrollo de alternativas ecológicas.

**F**abricación y suministro de Aditivos para mezclas bituminosas y ligantes asfálticos.



## Especialidades para aplicaciones asfálticas

**Fibras** de celulosa granulares, **Ceras** y **Tensoactivos** para la fabricación de mezclas semicalientes, **Activantes de adhesividad** (a+p), **Pigmentos de alto rendimiento** para mezclas en caliente, **Ligante sintético** granular, **ECO-aditivo** para la fabricación de mezclas en frío ensacables, **Asfalto natural** y endurecedores de ligante, **Antiadherentes vegetales** y limpiadores alternativos al gasóleo, **Polímeros**, **Caucho NFU** y **resinas**, **Rejuvenecedores** (RAP), aditivo **Antihielo**, **Emulgentes**, **Acidificantes**, 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**...



**Campi y Jové**

Member of



c/ Venezuela, 103 • 08019 Barcelona • Tel. +34 934 769 220 • [asfaltica@cyjgroup.com](mailto:asfaltica@cyjgroup.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 • MEXICO • PARAGUAY • PERU

# I+D+i. Proyectos destacados

## Programa LIFE de la UE: Proyecto LIFE-SOUNDLESS



Continuando con la serie de proyectos de la convocatoria LIFE que tienen temáticas relacionadas con el mundo de la pavimentación, el proyecto que se cita a continuación se denomina LIFE-SOUNDLESS. “New Generation of eco-friendly asphalt with recycled materials and high durability and acoustic performance”.

Este proyecto pertenece a la Convocatoria Programa Europeo LIFE+ (2014), concretamente a la línea: “Proyectos dentro de zonas urbanas densamente pobladas destinados a reducir el ruido de las carreteras y otras infraestructuras de transporte mediante la utilización de firmes silenciosos”

Con este proyecto se pretende conseguir como objetivo principal la mitigación de la contaminación acústica en origen mediante la caracterización acústica y el diseño de mezclas bituminosas sono-reductoras, es decir, que generen menores niveles de emisión sonora. Además, estos pavimentos sono-reductores tienen que presentar una durabilidad semejante a las mezclas convencionales actuales. Por último, se aspira a desarrollar unas recomendaciones de especificaciones de acuerdo con los estándares europeos con el fin de contribuir a la adopción de especificaciones europeas para los pavimentos sono-reductores.

A raíz del diseño de mezclas bituminosas sono-reductoras a nivel de laboratorio, se realizará una implementación de las mezclas desarrolladas a escala real en las carreteras A-376 y A-8058 a su paso por los núcleos de población de Montequinto y Gelves respectivamente. Sobre ellas se evaluará el comportamiento acústico de la mezcla y su evolución en el tiempo (Método Close Proximity-CPX, Método Statistical Pass By-SPB, Absorción acústica, Impedancia Mecánica, Macrotextura, entre otros).

El proyecto ya ha realizado los tramos de ensayo previstos y se encuentra en la fase de evaluación de resultados.



Medida de la impedancia mecánica en un tramo de ensayo.

#62

### AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Es fácil mejorar y mantener un buen IRI con mezclas asfálticas. Cada mejora de 1m/km reduce consumos de camiones y sus emisiones en un 1% (2% a baja velocidad)” (EAPA-Road pavement industries highlight huge CO2 savings, Número 23)

#HECHOS\_ECONOMICOS

1988 - 2013  
**25** AÑOS

# VIATOP®

## El "Pellet".

### Liderando las SMA desde 1988



**RETTENMAIER 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)

# La XII Jornada Nacional de ASEFMA registra una audiencia online superior a los 660.000 usuarios

La duodécima edición de la Jornada Nacional de ASEFMA, celebrada el pasado 30 y 31 de mayo no dejó indiferente al sector asfáltico. Contó con una audiencia online superior a los 660.000 usuarios.

Según Google Analytics, 198 usuarios únicos accedieron a la visualización online durante los dos días del evento y el debate generado en Twitter con el hashtag #XIIJornadaASEFMA llegó a 663.598 usuarios, generando un total de 18.710.987 impresiones. Durante los días de celebración del evento, 339 usuarios generaron un total de 2.805 tweets empleando el hashtag #XIIJornadaASEFMA.

Los temas de mayor interés en las redes coincidieron con la primera sesión técnica, dedicada a la presentación de estudios recientes sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la actividad de la pavimentación, generando 215 tweets/hora. En ella participaron el coordinador de la jornada, Ángel Sampedro, con una ponencia sobre los "valores obtenidos aplicando aplicando el ACV a las actividades de fabricación, transporte y puesta en obra de extendido de mezclas bituminosas", el doctor ingeniero Alberto Moral, quien disertó sobre "la herramienta ACV para establecer el análisis comparativo de varias secciones de firme de la norma 6.1-IC" y el catedrático Miguel Ángel del Val, con una conferencia sobre "El Acuerdo de París

como base de las políticas de conservación de carreteras". De entre todos los mensajes de texto emitidos en Twitter con el hashtag #XIIJornadaASEFMA, el más destacado fue lanzado por el doctor ingeniero Alberto Moral (@albertomoral\_), en el que facilitaba el link de descarga a su tesis doctoral, que obtuvo 8 retweets y 8 participantes en el debate lo marcaron como "me gusta".

En la categoría audiovisual, el tweet más popular fue emitido por el presidente de ATEB Francisco José Lucas (@curro\_lucas), quien acompañado de una fotografía afirmaba: "Pocos materiales responden a economía circular como el asfalto. 100x100 reciclable y 100x100 potencialmente reutilizable #XIIJornadaAsefma". Generó 65 retweets y 78 "me gusta". Respecto a los usuarios más activos con el hashtag #XIIJornadaASEFMA, ASEFMA (usuario @asefma\_es) ha liderado el debate, con 350 tweets, seguido del instituto ITAFEC (@itafec) con 260, el profesor Ángel Sampedro (@angelsampi), con 163, el estudio Licitacivil (@licitacivil), con 144, y el ingeniero Ricardo Bardasano (@BardasaGen), con 136.



# HA NACIDO NOVAFIR

Nueva publicación  
sobre firmes y pavimentos

## NOVAFIR/1 INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

Edición David Hernando  
Manuel G. Romana y Miguel A. del Val

**2012** 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  
RECICLADO

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

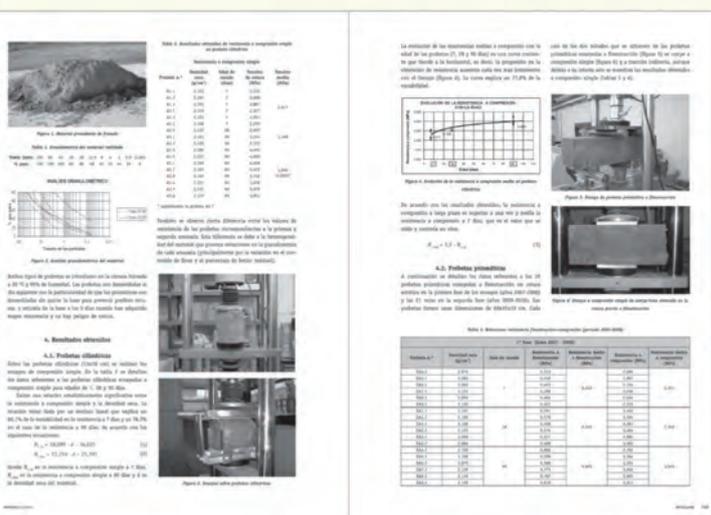
Nace como una nueva serie de volúmenes recopilatorios de artículos sobre firmes y pavimentos que recogen aspectos novedosos sobre los materiales, los deterioros, el dimensionamiento, la fabricación, la conservación y la tecnología de pavimentación, y de artículos que, a pesar de no desarrollar aspectos 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

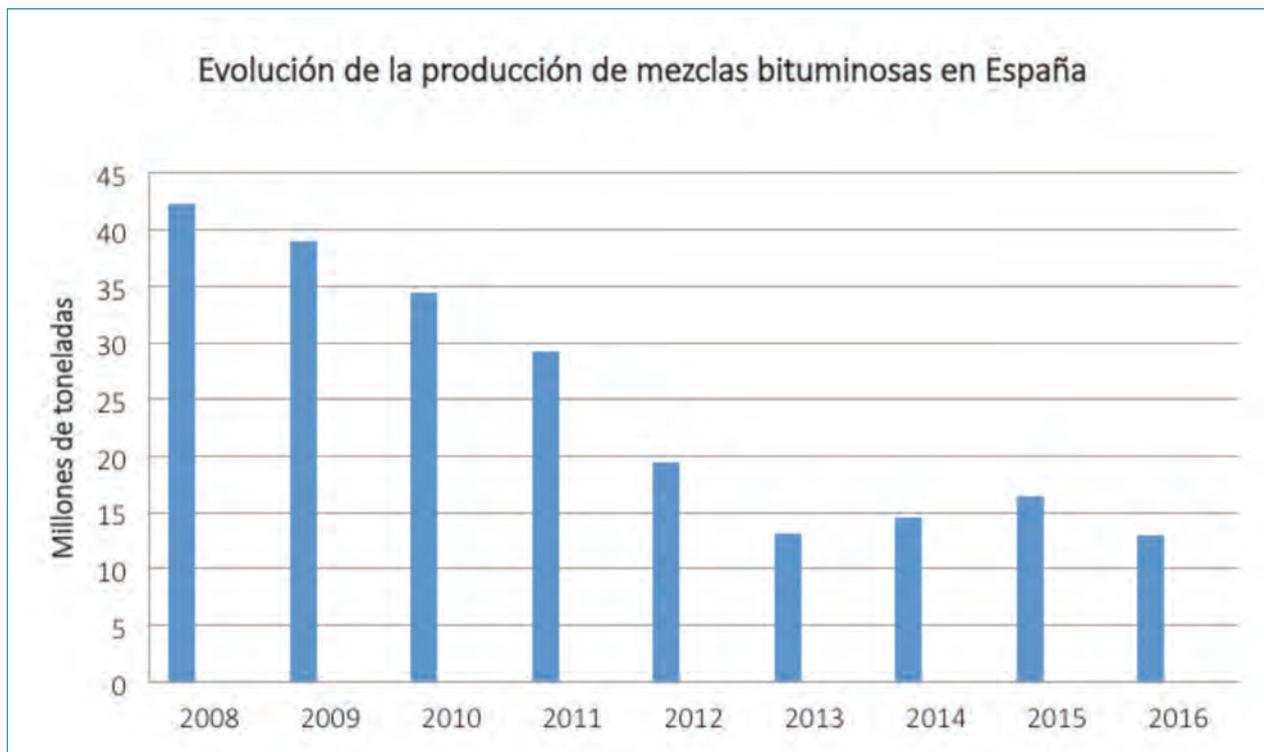


# Observatorio del sector

Desde esta sección se irán incluyendo indicadores que permitan obtener una radiografía del sector de la carretera, considerando datos de tipo económico. En esta ocasión reproducimos las estadísticas de Asefma correspondientes a la producción en el año 2016.

Tras un ligero repunte de la producción en el año 2015, el mercado español de mezclas bituminosas vuelve a caer en el año 2016 un 20% (13,05 millones de toneladas), con niveles inferiores a los mínimos alcanzados en el año 2013, lo que confirma la falta de inversión en construcción y, sobre todo, en mantenimiento de la red de carreteras españolas. En el gráfico siguiente se muestra la evolución de la producción desde el año 2008.

Los datos finales del estudio confirman las malas expectativas que Asefma adelantó durante su Asamblea General <http://www.asefma.es/asefma-anuncia-un-descenso-del-195-en-la-produccion-de-asfalto-y-alerta-de-la-grave-situacion-que-atravesia-el-sector/>



# Emilio Jiménez, gracias por tanto

No es misión de esta revista hacer relación de los decesos que se producen en el sector, si bien el papel que Emilio Jiménez ha desempeñado en el mundo del asfalto nos ha motivado a dedicarle esta necrológica. Este texto está escrito por Juan José Potti, con el afecto propio de quien compartió con Emilio más de 10 años y de quien recibió el relevo de Emilio como gerente de Asefma desde su reactivación, en 2004, hasta 2006.

Hace unos días nos ha dejado Emilio Jiménez. Seguramente, la mayor parte de los lectores españoles de esta revista saben quién es. Emilio ha dedicado toda su vida profesional a la carretera y ha trabajado en varias de las empresas españolas más importantes del sector. Precisamente esa circunstancia, su gran conocimiento del sector y su personalidad, fueron los argumentos que le llevaron a ser el gerente de Asefma desde el año 2003 a abril del año 2006.

Yo conozco a Emilio desde el año 2004. Colaboré muy estrechamente con él para organizar la I Jornada Nacional de Asefma del año 2005, en la que tuve el privilegio de ser el coordinador. Desde que me incorporé a Asefma siempre he teni-

do en Emilio a una persona sincera, generosa, cordial y sobre todo un gran amigo. Una de las características de Emilio es que tenía muchos amigos, amigos de verdad, que rápidamente ponía a tu disposición sin que se lo pidieras. La mayor parte de los amigos de Emilio que he conocido son como Emilio, generosos por naturaleza.

Emilio era un “fenómeno” como le gustaba decir de la gente que apreciaba. En realidad su percepción de la vida era relativamente sencilla, le gustaba disfrutar de la vida, de sus amigos, de su querida Pilar, de sus dos hijos, de su familia y desde luego de su querida Cantabria.

Recordar a Emilio es reírse recordando un montón de anécdotas. Cada vez que venía de Cantabria nos traía un montón de cosas deliciosas para comer (anchoas de Santoña, corbatas de Uña, sobaos pasiegos, queso de Tresviso, etc.), como además iba con bastante frecuencia, los que trabajamos en Asefma tuvimos que tomar medidas para no engordar. No me cabe ninguna duda de que a Emilio le gustaba ver comer a sus amigos y mucho!!

Este año le dimos un reconocimiento público a Emilio en la XII Jornada Nacional de Asefma y el año pasado le otorgaron la medalla de honor de la AEC. Ambos premios reconocen su buen hacer y su dedicación a la carretera durante toda su vida profesional.

Han sido muchas las muestras de cariño y afecto que hemos recibido en Asefma cuando hemos informado de su fallecimiento. Es indudable que era un ser muy querido, por ello desde Asefma en su corona de flores le escribimos: “De tus amigos de Asefma, gracias por tanto...” Emilio nos ha dejado pero aquí estamos un montón de amigos para recordarle y para confirmar que la vida es mucho más bonita cuando actúas con generosidad. Emilio, eres un “fenómeno” pero que se vayan preparando allí arriba porque los angelitos van a estar más gordos que nunca.

Juan José Potti





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

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

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

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

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

# MONOGRAFÍAS ASEFMA

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

También disponibles en formato DVD



# 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.

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



**REPSOL**

*Inventemos el futuro*