

# ASFALTO

## y pavimentación

Volumen I · Segundo trimestre · 2011



# INTRAME

## PLANTAS ASFÁLTICAS ▶ DEL TIPO ESTACIONARIO

Producciones de 80 a 400 t/h.

Equipos de reciclado en frío y en caliente como accesorios.



## ◀ PLANTAS ASFÁLTICAS ULTRA-MÓVILES

Producciones de 80 a 400 t/h.

Equipos móviles de reciclado en frío y en caliente como accesorios.

## PLANTAS ASFÁLTICAS ▶ MODULARES

Producciones de 80 a 400 t/h.

Transporte y montaje rápidos.  
Todas las unidades montadas sobre repartidores de carga.

# INTRAME

Industrial de Transformados Metálicos S.A.

Oficina Comercial:  
Núñez de Balboa, 85 - 28006 Madrid  
Tel.: 91 577 60 08 - Fax: 91 576 09 37  
e-mail: comercial@intrame.com





Volumen I  
Segundo trimestre · 2011

#### ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

##### Director

Juan José Potti

##### Comité de Redacción

Alberto Bardesi, Andrés Costa,  
Jesús Felipo, Lucía Miranda,  
Jorge Ortiz, Anna París, Nuria Querol,  
Baltasar Rubio, José Antonio Soto,  
Miguel Ángel del Val

##### Coordinador

José Carlos Cámara

##### Secretario

Andrés Pérez de Lema

##### Editorial Prensa Técnica, S. L.

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

##### Suscripción anual

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

Volumen I · Segundo trimestre · 2011

## Editorial

La necesidad de un compromiso ético para superar el déficit estructural en la conservación de los firmes

05

## Cartas de bienvenida

Carta de bienvenida de Eurobitume  
Carta de bienvenida de CILA  
Carta de bienvenida de EAPA  
Carta de bienvenida de IBEF

07

## Inversiones en construcción y conservación de infraestructuras. responsabilidades públicas y respuestas empresariales ante la actual crisis

Jorge Ortiz Ripoll

19

## Emulsiones modificadas con polvo de neumático fuera de uso. NFU-EMULSIONES

Nuria Querol Sola, Emeline Marty

29

## Estado de la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas. Ensayos Fénix y EBADE

Félix E. Pérez Jiménez, Rodrigo Miró Recasens, Adriana Martínez, Ramón Botella Nieto y Gonzalo A. Valdés Vidal


39

## Secciones fijas

Normativa, Calendario, Publicaciones, Mirando al pasado, Noticias del sector, Normas de publicación, El lector opina

53

# Revista Asfalto y Pavimentación

 La idea de crear esta revista surgió de una manera espontánea casi se podría decir que es la consecuencia evidente del desarrollo de una serie de hechos que tarde o temprano debían conducir a la situación actual.

Asefma y las empresas para las que trabaja la asociación han ido generando en los últimos cinco años una cantidad de información muy importante. Sin comparación posible respecto a años anteriores. En su gran mayoría esta información era de tipo técnico, como consecuencia de la importantísima actividad de investigación y desarrollo que se está generando en el sector, de los cambios en la normativa, etc... Recientemente y dada la grave situación por la que atraviesa el sector es preciso hacer llegar además, otro tipo de mensajes y en otro tipo de publicaciones, generalmente prensa económica de carácter nacional o local.

La cantidad de información que genera el sector, la diversidad de las iniciativas y la ausencia de un medio de comunicación específico han sido las razones fundamentales que han conducido a la creación de esta revista.

La revista Asfalto y Pavimentación pretende ser una revista de alto contenido técnico en la que tendrán cabida artículos de análisis económico, estratégico o de otro tipo sobre el sector de la fabricación, extensión y compactación de mezclas bituminosas. Esta revista nace con la vocación de ser un modo claro y específico para hacer llegar la opinión e inquietudes del sector a sus clientes y administraciones. Esto permitirá poder trasladar con más claridad y por que no decirlo, con mayor facilidad, las ideas, iniciativas, innovaciones y reclamaciones.

Esta revista nace en el seno de Asefma pero es ajena a la estructura y jerarquía de sus órganos de gestión y por tanto, abierta en su composición e iniciativas a criterios propios e independientes.

La publicación y edición de esta revista se basa en un acuerdo con un grupo editorial que en la actualidad publica

entre otras la revista Máquinas de Carreteras, Áridos & Materiales, Equipamiento y Seguridad Vial, etc.

El objetivo inicial es publicar 4 números al año, frecuencia trimestral, con una tirada de 2.000 ejemplares y estar presentes desde el primer número en formato digital, en [www.asefma.es](http://www.asefma.es), para que la difusión de la revista llegue a todos los rincones del mundo.

Esa es una característica que desde el primer momento se pretende trasladar a esta iniciativa, crear una revista en español con vocación y visión internacional.

El Comité de Redacción está compuesto por un grupo de técnicos de amplio espectro y gran experiencia en la pavimentación de carreteras. Muchos de ellos sobradamente reconocidos a nivel internacional. Repasando la lista de los nombres que componen este Comité de Redacción hay razones sobradas para confiar en alcanzar el objetivo deseado.

El día 25 de mayo, coincidiendo con el inicio de las VI Jornadas de Asefma, sale a la calle esta revista, el primer número de la Revista Asfalto y Pavimentación. Una revista que es sólo el primer número de un ambicioso proyecto.

A partir de este momento, esta revista pretende ser el lugar al que trasladar sus noticias, aquellas noticias, comunicaciones o reflexiones que consideren pueda ser de interés dar a conocer. Por supuesto, esta revista estará siempre abierta a sus comentarios y sugerencias.

Sólo se alcanzará el objetivo de esta revista con su colaboración. Gracias de antemano.

Un cordial saludo,

**Juan José Potti**  
Director de la revista  
Asfalto y Pavimentación

# La necesidad de un compromiso ético para superar el déficit estructural en la conservación de los firmes

El descenso que han experimentado en los últimos años las inversiones destinadas a la rehabilitación y la mejora de los firmes de las carreteras es de tal magnitud que no podemos seguir ignorando sus efectos negativos: aumento del riesgo de accidentes, mayor incomodidad en los viajes y aumento de los costes de funcionamiento, lo que incluye el incremento de emisiones contaminantes. Además, la insuficiencia en la rehabilitación y la mejora de los firmes se traduce en una disminución del valor patrimonial de las carreteras y, tanto directa como indirectamente, de la riqueza de la nación.

La coyuntura es grave, no parece que vaya a cambiar en un plazo razonable y, además, es difícilmente justificable. La estrategia de reducir drásticamente las inversiones en infraestructuras de transporte para intentar disminuir los déficits públicos es harto discutible, y países como Estados Unidos están adoptando justamente la contraria. Pero la reducción no debería afectar en ningún caso a la imprescindible conservación de las infraestructuras existentes, más aún cuando prosiguen, aunque sea a menor ritmo, las inversiones en otras de muy dudosa rentabilidad social, como es el caso de las líneas ferroviarias de alta velocidad, que tal como se están diseñando y construyendo en España van a requerir unos gastos de conservación inasumibles. Pero esta coyuntura, provocada por discutibles decisiones políticas y también por graves errores continuados en la gestión, no debe hacer olvidar que los firmes de las carreteras españolas arrastran desde hace décadas un grave déficit de inversión en su rehabilitación y mejora, hasta el punto de que se ha cifrado el déficit acumulado en el conjunto de nuestras redes viarias, excluyendo las municipales, en unos cinco mil quinientos millones de euros.

Estamos ante una situación rechazable no solamente desde un punto de vista económico, sino también desde un punto de vista moral. La culpa de lo que ocurre no es tanto de la recesión económica actual, sino sobre todo de que los decisores políticos y los gestores públicos han olvidado el compromiso ético con los ciudadanos, a los cuales se está trasladando una especie de impuesto adicional encubierto y a quienes, en última instancia, se está limitando su derecho fundamental a la movilidad, sobre todo a aquellos que tienen los niveles de renta más bajos o que viven en territorios menos favorecidos. Parece que las administraciones titulares de las carreteras se olvidasen de que el dedicar fondos a la conservación de los firmes no es una mera opción presupuestaria, sino una obligación impuesta por la Ley del Patrimonio de las Administraciones Públicas y, por encima de cualquier otra consideración, una obligación moral: se debe trabajar permanentemente por disminuir las diferencias territoriales e individuales, y lo que ha sido creado con el esfuerzo colectivo de las anteriores generaciones debe ser transmitido sin merma a las siguientes.

Esta obligación no admite subterfugios. No se pueden posponer las imprescindibles inversiones con el pretexto de que la situación será recuperable cuando lleguen tiempos mejores. Tampoco es admisible supeditar el esfuerzo requerido a la eventual implantación de técnicas de financiación que conllevan el riesgo de privatizar los beneficios y socializar las pérdidas, además del de aumentar la brecha entre los ciudadanos y entre los territorios. No parece justificable tampoco que por esa implantación se esté trabajando incluso desde el sector público, cuando la única responsabilidad de éste debería ser la defensa de los intereses generales.

## Editorial

Dicho de otro modo, los ciudadanos deberíamos poder esperar que una gestión pública eficiente garantizase la correcta aplicación de una inversión pública que está perfectamente acotada y que cabe estimar, en la hipótesis de máximo ajuste, en mil doscientos ochenta y ocho millones de euros anuales para el conjunto de las redes viarias, excluidas las municipales; dejando aparte el déficit acumulado, dicha cifra representa únicamente el 0,12 % del PIB del año 2009 a precios de mercado. Por supuesto, estas necesidades no se satisfacen con los presupuestos asignados para la conservación rutinaria y las ayudas a la vialidad. Si la inversión no se lleva a cabo desde ahora o si se confía en el funcionamiento de fórmulas imaginativas, el coste para los ciudadanos acabará siendo muy superior y el estado de los firmes de las carreteras seguirá empeorando inexorablemente.

## Carta de bienvenida de Eurobitume

Con este primer número, la revista ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN se incorpora a nuestra comunidad técnica vial. La revista nace con la vocación declarada de ser punto de encuentro de los profesionales del sector asfáltico, en especial de los de habla española, y de servir para la difusión de las mejores prácticas y los más recientes desarrollos técnicos. Desde EUROBITUMEN, la asociación europea de productos de betún, nos congratulamos de esta iniciativa y deseamos que la nueva revista alcance plena y rápidamente sus objetivos.

La contribución del conocimiento técnico es, hoy más que nunca, fundamental para afrontar los diferentes desafíos que tiene planteados nuestro sector. Desafíos que hacen referencia tanto a aspectos del comportamiento de los firmes asfálticos ligados con su durabilidad como, de forma más amplia, a todos los relacionados con su sostenibilidad: económicos, ambientales, sociales, etc.

La carretera como modo de transporte y los firmes asfálticos como tecnología para su construcción y mantenimiento han demostrado, y lo seguirán haciendo, que en la mayoría de las ocasiones constituyen la opción técnica y económica más adecuada cuando las alternativas disponibles se analizan de forma global y rigurosa, sin prejuicios, posiciones sesgadas o aproximaciones simplistas.

Como modo de transporte, la carretera es y seguirá siendo, el único capaz de garantizar una accesibilidad prácticamente universal, sea por sí mismo o como complemento de los otros modos. Sin dejar de reconocer que, en determinadas situaciones, otros modos pueden resultar particularmente eficientes, resulta inconcebible una sociedad, al menos tal y como la conocemos hoy, sin carreteras. No hace falta para ello referirnos a las cifras, suficientemente difundidas, de los porcentajes del transporte terrestre de personas y de mercancías que se realizan por carretera. Basta perder unos pocos minutos en reflexionar sobre lo que cada uno de nos-

otros hacemos cada día, de los servicios y productos que usamos y de cómo llegan a nosotros para llegar a la misma conclusión. Por ello, ralentizar la construcción de carreteras en tiempos de dificultades económicas puede entenderse como política a corto plazo, pero cercenar la conservación de carreteras resulta, sencillamente, un error estratégico inasumible por la sociedad.

Como tecnología de pavimentación, las mezclas bituminosas y, en general, las soluciones con base en el betún asfáltico y sus derivados, nos han permitido construir y conservar carreteras durante décadas de forma cada vez más eficiente. Desde los primeros riegos antipolvo hasta los modernos sistemas de reciclado, la industria del asfalto ha sido capaz de mejorar y de adaptarse a las crecientes exigencias del tráfico, de los usuarios y del entorno. La versatilidad de nuestras mezclas y ligantes nos permite adaptarnos a todo tipo de climas y de tráfico. Diseñamos mezclas flexibles para los pequeños espesores requeridos por los caminos para tráfico ligero, mezclas blandas para climas fríos, mezclas de alto módulo idóneas para los tráfico pesados y los climas más cálidos. Hemos resuelto la aparente contradicción entre resistencia al deslizamiento y ruido a través de las mezclas drenantes y los microaglomerados discontinuos.

Pero no sólo ponemos nuestras metas en la mejora técnica y económica. Hemos desarrollado técnicas de reciclado que nos permiten reutilizar las mezclas de forma prácticamente indefinida transformando los firmes antiguos en una nueva fuente de materias primas. Estamos ultimando el desarrollo de soluciones para aplicar las mezclas asfálticas a temperaturas muy inferiores a las tradicionales, reduciendo radicalmente los consumos de combustibles y las emisiones de gases de efecto invernadero que este consumo lleva asociadas. Hemos avanzado decididamente en la utilización de residuos de otras industrias, como la de los plásticos y los neumáticos, de forma que, más allá de una simple concepción

## Cartas de bienvenida

de la carretera como vertedero controlado, somos capaces de obtener mezclas de mejores prestaciones. El sueño de la sostenibilidad empieza a dejar de serlo y se transforma en una realidad a nuestro alcance.

Otros objetivos, que podían parecer ilusorios hasta hace poco, están también en vías de alcanzarse en un horizonte temporal no muy lejano. Manejamos soluciones estructurales que, con reducidos incrementos de coste inicial, prolonguen la vida de los pavimentos reduciendo radicalmente los costes de conservación. Empezamos a visualizar sistemas que permitan extraer la energía térmica de los pavimentos. Nos empezamos a plantear cómo diseñar superficies de rodadura que, sin pérdida de la seguridad, permitan reducir los consumos de combustible de los vehículos.

Y para todo esto, ha habido y seguirá habiendo un único camino, el que forman la investigación y la difusión del conocimiento técnico. ¿Qué mejor herramienta de apoyo que una revista de clara vocación técnica como es ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN?

**Alberto Bardesi**  
**Presidente**  
**EUROBITUMEN**



# Carta de bienvenida de CILA

## Beneficios de las nuevas tecnologías en pavimentación en el cuidado del medio ambiente

El desafío medioambiental se presenta hoy en todo el mundo y es algo que debemos afrontar. El consumo de energía está creciendo a nivel mundial en el mundo desarrollado y en vías de desarrollo. Más energía significa mayores emisiones de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>). En un momento en el cual el cambio climático se presenta como un punto crítico, es necesario mejorar la eficiencia en el consumo de energía y la reducción de las emisiones.

La industria vial debe afrontar el desafío de una mayor demanda en la construcción de caminos, en contraposición con una reducción en los presupuestos. Por tal motivo debe implementar cambios en el diseño estructural y funcional de los pavimentos, promoviendo la reutilización de material existente en el pavimento y adoptando procesos de producción que puedan reducir los consumos de energía sin afectar mayormente las propiedades de las mezclas bituminosas que habitualmente estamos acostumbrados a utilizar.

El desafío es encontrar soluciones de pavimentación amigables con el medio ambiente, tal es el caso de las soluciones de fabricación de mezclas a menor temperatura, ya sea mediante el uso de aditivos, ligantes especiales o cambios en los procesos de fabricación y compactación.

Con este objetivo se han desarrollado una serie de nuevas tecnologías para disminuir las temperaturas de producción y colocación de mezclas asfálticas en caliente. Genéricamente estas tecnologías se las han catalogado como "Mezclas asfálticas tibias" ó " Warm Asphalt Mix " (WAM) y han sido utilizadas en una serie de diferentes tipos de mezclas, incluyendo los concretos asfálticos densos, las mezclas drenantes o porosas, las SMA, etc., todas, construidas, en un amplio rango de espesores. Son mezclas diseñadas para ser preparadas, colocadas y compactadas entre 10 y 40 °C menos que las típicas mezclas en caliente

La tecnología de las mezclas tibias (WAM) se inició en Europa hace varios años mediante el uso de agua sobre el asfalto caliente, ya sea en forma directa o bien mediante el uso de materiales hidrofílicos tal como las zeolitas o bien el uso de arenas húmedas. Cuando el agua entra en contacto con el asfalto caliente se produce vapor y conduce a una expansión del ligante con la correspondiente reducción de la viscosidad de la mezcla. Otros procesos hacen uso de aditivos orgánicos para lograr disminuir la viscosidad del asfalto a las temperaturas de mezclado., tales como las ceras del tipo Fischer Tropsch o Montana, Finalmente, tenemos una serie de aditivos que no modifican la viscosidad durante el mezclado y sí mejoran la trabajabilidad y compactabilidad de las mezclas. Estos son del tipo de los tensoactivos.

En los Estados Unidos se han desarrollado una serie de nuevas tecnologías tales como el uso de emulsiones con agregados calientes y la industria de fabricantes de plantas asfálticas han desarrollado dispositivos para generar espuma que pueden ser adaptados a algunos tipos de las plantas existentes de mezclas en caliente.

Los principales logros que se obtienen con la disminución de las temperaturas, podemos citarlo brevemente: Desde el punto de vista medioambiental, por la reducción de emisiones, humos, etc. Respecto al consumo de energía, por su disminución a causa de las temperaturas más bajas de procesamiento y finalmente por una mejor performance de las mezclas al producirse un menor envejecimiento del asfalto por una baja oxidación del mismo.

Las tecnologías de las mezclas tibias han tenido un amplio desarrollo en Europa y en los Estados Unidos. En Argentina, siguiendo la tendencia internacional con relación a soluciones asfálticas sustentables y más amigables con el medio ambiente, se observa particular interés en la utilización de todas las variantes de reciclado (en frío y en caliente) como así también en la implementación de mezclas "tibias"

## Cartas de bienvenida

("warm mixes"), habiéndose realizado exitosos tramos experimentales que auguran una rápida introducción en el mercado local.

Como conclusiones importantes respecto a estas tecnologías, podemos decir que la reducción en el consumo de combustibles usado en la producción de las mezclas podría tener un fuerte impacto en la industria de la construcción.

Son logros muy promisorios los beneficios de estas tecnologías, en términos de ahorro de energía y mejoras en la calidad de vida por menos emisiones. Debemos destacar que estas tecnologías necesitan de mayores investigaciones para validar el comportamiento esperado.

Finalmente, debemos decir que lo importante no es elegir una tecnología en particular, sino en lograr reducir de una manera eficiente la disminución de las temperaturas.

Confiamos que la actual tendencia en el mercado vial argentino continúe, permitiendo que todos los actores que tanto han influido para posicionarnos en una situación de vanguardia en la región, en materia de innovación y aplicación de nuevas tecnologías continúen dicho desarrollo, asegurando mejores infraestructuras para el crecimiento de nuestro país.

Consolidación, crecimiento y sustentabilidad, los desafíos de la hora para el sector vial en general y del asfalto en particular, en Argentina.

**Dr. Jorge O. Agnusdei**  
**Comisión Permanente del Asfalto de Argentina**  
**Secretaría Congresos Ibero Latinoamericano**  
**del Asfalto (CILA)**

# Carta de bienvenida de EAPA

## The european asphalt industry is innovating more than road users often realise

### Introduction

When people talk about the technical innovations that are taking place at this moment, they mostly speak about the developments that have been made in the telecom and the computer areas. Here equipment of three years old is sometimes already old fashioned and outdated. Also in the area of transport a lot of progress has been made. Much attention has been paid to electric cars, but in fact the cars still have four wheels and a conventional steering wheel.

The main concept of the cars, buses, trucks and motor bikes that are using the roads, has not really changed much. When comparing the asphalt industry with the car industry, one might see similarities; most attention has been paid to safety, comfort, noise and environment and CO<sub>2</sub> emission.

To be able to see the real progress made in the asphalt industry one should take a longer observation period than three years.

### Innovations in the asphalt industry

The main advancements in the asphalt industry can be regarded in different areas;

- Changes in knowledge levels and forms of contract
- Asphalt mixtures
- New requirements for the road surfaces
- Energy and Carbon Footprint reduction
- Developments in paving techniques

Regarding levels of knowledge and forms of contract the following developments can be observed:

### Knowledge level

- The knowledge level of contractors and suppliers has undoubtedly increased and is now (in many countries) at a high level and they have a better in-depth knowledge of asphalt as a material.
- In contrast we can see that, increasingly, the experience and in-depth knowledge level of Highway Authorities is eroding due to their merging into larger departments and also to the transfer of risk to end use criteria. In some cases the in-depth knowledge previously available has disappeared.

### Contractual situation

- The changes in knowledge levels at the contractor and road authority side has also had an influence on the contractual situation. In the past many road authorities prescribed to the contractor/supplier what had to be done by them.
- Now several countries are moving in the direction of functional contracts, so it is not necessary to describe the material itself in detail and Highway Authorities are more and more prescribing end performance requirements of what they actually want the road and the road surface to achieve in terms of technical and performance characteristics, leaving the industry to come up with the appropriate solution.
- So, in short – a risk transfer to the industry can be observed.
- By going in this direction the supplier/contractor needs to be able to produce an end product that will achieve the performance requirements set. This means that the contractor needs to have more comprehensive knowledge of all aspects of design and performance. Therefore

## Cartas de bienvenida

risk assessment has, and will continue to become extremely important and the industry and its suppliers need to collaborate more to understand and cater for these risks.

### *Asphalt mixtures*

In terms of Asphalt mixes many new products have been developed in the last 20 to 30 years. In the past different types of Asphalt Concrete were used. Nowadays more dedicated mixtures are used with specific characteristics like:

- Stone Mastic Asphalt (SMA) for noise reducing, stable and durable road surface layers
- Porous Asphalt for noise reduction
- Double Layer Porous Asphalt for even a higher noise reduction
- High performance mixes for special applications
- Very thin layers of asphalt concrete and ultra thin layers of asphalt concrete for a good skid resistance and a low noise level.
- High Modulus Asphalt to reduce the pavement thickness.

So now a wide variety of mixes is available and the choice of the asphalt mixture depends on the requirements of the client, such as; noise reduction, durability, high skid-resistance, colour, or surface drainage to reduce splash and spray.

All these mixtures show that today's asphalt industry has a wide range of products to suit the modern discerning client!

### *New requirements for the road surfaces*

Because of the increasingly intensive use of the roads it is getting more difficult to maintain them. This development has led to more durable roads and road surfaces.

The road authorities now want less maintenance of the road. So more durable pavements are needed and fast maintenance techniques to avoid hold ups and disturbance to traffic flows, particularly on our more principle roads.

The second new requirement is an environmental one. Environmental friendly solutions and sustainability are becoming key-words. There is a vastly increased need to lower energy consumption, increase the re-use & recycling of suitable material and new techniques to produce energy.

In order to have less maintenance and to increase sustainability, the concept of Long Life Pavements was developed. This means when roads are built, they should be built in such a way that they will last "forever". Only a replacement of the surface layers should be sufficient to provide the road user a high quality road surface.

To reduce the maintenance of the road surface, the durability of the pavement surface layers should be high and increase, so there is the need for high quality pavements. SMA is a good example of a durable surface layer that, as well as reducing traffic noise, allows reduced carriageway possession widths and a faster resurfacing time period.

### *Energy and Carbon Footprint reduction*

In the area of energy reduction several developments are taking place at this moment. The first one is Warm Mix Asphalt. For Warm Mix Asphalt (WMA) a lower production temperature of asphalt is required and this reduces the energy needed to produce the asphalt mix and also its carbon footprint.

Warm Mix Asphalt technology not only leads to energy reduction, it also creates a cooler working environment for the asphalt workers and the road can be opened or re-opened for traffic at an earlier stage.

Several techniques have been developed to reduce asphalt production and application temperatures.

Depending on the chosen technology, a reduction in the asphalt mixing temperature of up to 30° C and more can be achieved.

The second way to reduce the Carbon Footprint (and to reduce the use of primary materials) is the use of Reclaimed Asphalt Pavements (RAP) for the production of asphalt. The recycling technique itself is more than 35 years old but still new techniques are being developed. In some countries the use of 60% RAP in Asphalt Concrete is common practice. Certain techniques can go even higher; up to 100%.

Asphalt is 100% recyclable and the asphalt industry is proud of being able to use all the RAP that is becoming available during renovation works.

Further new techniques are being developed so as to use dryer aggregate, by covering the stock piles or by using a crusher connected to the asphalt plant. There are even techniques being developed to recover heat (energy) out of the asphalt pavements.

This could be done by leading water through pipes in the pavement. This technique is already several years old. The “cool” water from the earth going through the warm or hot asphalt pavement in the summer extracts the heat from the pavement and this heated warm water can be stored in the ground in aquifers. In wintertime this heat (warm water) can be used to heat buildings. If desired, one can use the cold water first to cool the buildings in summer time before leading it through the pavement where it extracts the heat from the pavement. In this way the buildings are cooled in summertime and in wintertime they are heated. After having heated the buildings in wintertime the “cooled water” can be sent through the pavement again and heat the pavement somewhat to reduce winter maintenance activities.

A new technique that is being developed at this moment is the use of piezoelectric elements in the pavement that generate electricity when vehicles pass the road. The newest technique being developed is a sprayable nano-based solar technology that creates energy by using heat, light, and magnetism.

### *Developments in paving techniques*

Several new paving techniques have also been developed to improve the durability and the quality of the surface layers. Good examples are “Compact asphalt” as well as “Intelligent compaction” and “Material Transfer Vehicles”.

“Compact asphalt” is a new asphalt paving technique developed in Germany. Here two asphalt layers are paved at the same time with one paver (with two screeds).

In this way a thin top layer can be paved on a thicker binder layer simultaneously. So the high quality top layer can be thin, and by paving it together with the thicker binder layer the bond between these layers is perfect and by having that thicker layer there is enough time for a good compaction of both layers. By having a thinner top layer, the costs for the high quality aggregate for that surface layer can be reduced too.

For “Intelligent compaction” modern electronic equipment is used on the roller so the roller driver gets immediate information about the compaction achieved along the laid material. In this way a better and more uniform compaction can be achieved and in the end this will lead to better durability.

By using “Material Transfer Vehicles (MTV)” the hot mix delivered by lorry is remixed in the MTV before going into the hopper of the paver. In this way the asphalt mixture fed

into the paver is a more homogeneous mixture in terms of gradation and temperature. It reduces mixture and temperature segregation and the result is a more durable road surface layer. By having a continuous feed to the paver, there is no need for the paver to stop and this also improves the longitudinal evenness of the road.

### *Conclusions*

For various reasons the road users often do not realise all the innovations that are taken place in the asphalt industry. The first reason is that they often do not see them. When noise reduction and splash and spray reduction of Porous Asphalt are explained to them by giving example of roads where Porous Asphalt is used, they do realise the advantages and they are really enthusiastic about these great road surfaces; they love them.

Environmentalists often see asphalt companies as companies that are solely trying to pave the globe black. They do not realise that we reduce the fuel consumption of the vehicles using the roads by giving them a smooth surface with a low rolling resistance and they do not realise that asphalt is one of the few products that can be 100% recycled by just reheating the old reclaimed asphalt.

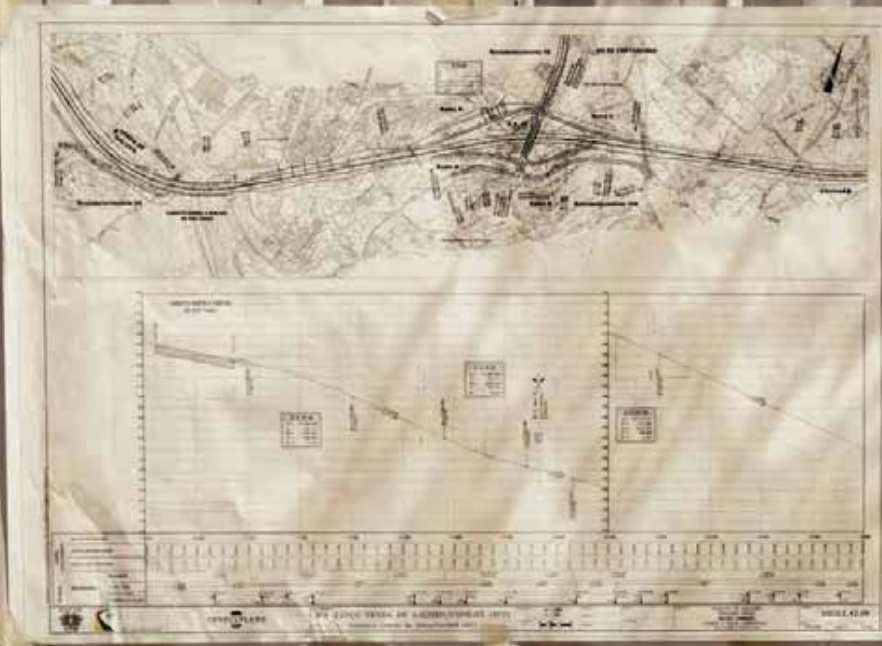
Everyone is using asphalt every day without realising the environmental benefits of this black and green product. We are green and we should show it to our road users.

**Alan Mackenzie**  
President

**Simon van der Byl**  
Secretary General

**Egbert Beuving**  
Director

**European Asphalt Pavement Association (EAPA)**



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

Quien está acostumbrado a acometer grandes proyectos sabe que confiar en Galp Energía significa tranquilidad al respecto de una parte de su obra. Desde los combustibles y el fuelóleo pasando por los betunes, Galp Energía garantiza un servicio y un acompañamiento técnico orientado al cliente y sin errores en los momentos críticos. Una seguridad que sólo alguien que está cerca del cliente puede ofrecer. Use nuestra energía y manos a la obra.  
Tel.: 91 714 67 00 - Fax: 91 714 68 71 - E-mail: [buzon.espana@galpennergia.com](mailto:buzon.espana@galpennergia.com)



En un contexto general de escasa relevancia para todo lo relacionado con la carretera por parte de la Comisión Europea, donde la adecuada conservación de la red de carreteras existente no es un aspecto prioritario y se constata una evolución negativa año tras año del patrimonio vial, la iniciativa de ASEFMA, al crear una revista técnica de calidad, como ASFALTO y PAVIMENTACIÓN, me parece excelente. De esta manera, el sector de la carretera podrá conocer los avances técnicos para poder realizar las inversiones que favorezcan el desarrollo sostenible, los ahorros de energía, la preservación de los recursos naturales y la disminución de los gases de efecto invernadero. Más allá de dar a conocer el savoir faire de nuestro sector, se han sabido focalizar los intereses particulares para que todo el mundo comprenda que nuestro futuro pasa por la participación en un movimiento colectivo.

## Carta de bienvenida de IBEF

### Las emulsiones bituminosas en 2011: un año bisagra

#### *1. El IBEF: una sensibilización mundial y un reconocimiento asumido*

Desde su creación en 1995, la International Bitumen Emulsion Federation no ha dejado de desarrollar sus acciones al servicio de sus miembros. La IBEF reúne actualmente a los protagonistas de 19 países, que representan un 70% de la cantidad de emulsiones producidas en el Mundo. Este resultado, inacabado aún, traduce a la vez la necesidad de mutualizar los esfuerzos de cada asociación a escala mundial así como el reconocimiento del papel de la IBEF como interlocutor representativo de una industria plenamente consciente del papel principal que deberá desempeñar en los próximos años.

La vida de la IBEF transcurre al ritmo de reuniones, simposios y congresos que organiza o en los que colabora, y en particular en acontecimientos nacionales como Asphaltica en Italia o el Mexican Asphalt Congress e internacionales como el International Symposium on Asphalt Emulsion Technology.

La quinta edición del WOE se celebró en Lyon (Francia) en colaboración con la SFERB, como preludeo del 5º Congreso Mundial de la Emulsión.

#### *2. El WOE 2010: un conjunto de intereses*

Este evento reunió a 250 delegados procedentes de 30 países de los 5 continentes. Los temas tratados estaban claramente orientados hacia los usuarios y los clientes, con la preocupación permanente de desarrollar las utilidades de las emulsiones bituminosas. En un solo día, el programa había ofrecido tiempo de intercambios entre los profesionales, completando de forma útil la información ofrecida en las exposiciones presentadas.

Algunos representantes presentaron las exposiciones de asociaciones nacionales a miembros de la IBEF así como dos exposiciones específicas y prospectivas relativas a los emulgentes y al asfalto.

- **Estadísticas mundiales:** John Keayes REAL (UK)
- **El futuro del asfalto:** Nasreen Tasker ARGUS
- **El futuro de los emulgentes:** Christian Depreeuw APAG
- **El desarrollo sostenible:** Azeem Remtulla AAPA (Australia)
- **Los aglomerados con emulsión:** María del Mar Colás ATEB (España)
- **Técnicas específicas:** Kobus Louw SABITA (Sudáfrica)
- **Educación y formación:** Mark Mac Collough AEMA (EEUU)

## Cartas de bienvenida

- **Estándares y normas:** Bernard Eckmann SFERB (Francia)
- **Mercadotecnia:** Jorge Cárdenas García AMAAC (México)

Todas las exposiciones están, por supuesto, a disposición de la comunidad industrial y demás.

Como conclusión de la jornada, el Presidente de la IBEF recordó que la conservación de nuestras calles y nuestras carreteras es deber de cada uno; las emulsiones bituminosas deben desempeñar una misión decisiva.

Por otra parte, se establece que educación y formación son prioridades. En cuanto a comunicación, la IBEF está decidida a trabajar interna y externamente a favor de todas las partes involucradas.

### 3. Los mercados en el Mundo

Con el fin de actuar lo mejor posible en un contexto en cambio constante, la industria debe evaluar permanentemente sus mercados así como los factores clave que orientan y orientarán estos mercados a medio plazo.

La IBEF lanzó desde finales de 2009 una encuesta mundial relativa a las producciones de emulsiones viales de asfalto. La información recogida permitió tratar los datos procedentes de más de 100 países en todo el Mundo.

El potencial de desarrollo de las emulsiones, como veremos más adelante, aparece no obstante como considerable.

En lo referente a las emulsiones viales bituminosas, cabe resaltar en primer lugar una gran estabilidad de los volúmenes entre 2005 y 2009, con una producción anual del orden de 8 millones de toneladas. Lo mismo ocurre con el mercado de los asfaltos, cercanos a los 90 millones de toneladas al año.

La comparación de los volúmenes de emulsiones respecto a los de los asfaltos se establece en el 9,1%. En detalle, este cociente sigue siendo superior al 10% en Europa y en América. Se estanca en aproximadamente un 5% en Asia.

Desde 2005 hasta 2009, se observa un deslizamiento de los volúmenes de los asfaltos de los países industrializados. Para las emulsiones, este deslizamiento es menos importante, como prueba del dinamismo de la industria y de la calidad de las respuestas técnica de las soluciones a la emulsión en un contexto difícil.

### 4. El nuevo reparto: el desarrollo sostenible

Muchas definiciones presiden el concepto de desarrollo sostenible. Más allá de sus aspectos medioambientales más conocidos, su dimensión es triple: Ambiente, Economía y Social.

El concepto de desarrollo sostenible debe incluirse pues según los componentes económicos, medioambientales y sociales, con una obligación de coherencia global y, por lo tanto, inevitable.

#### 4.1 La economía

El componente más fácil de comprender es, por supuesto, el componente económico, pero debe serlo a largo plazo. En el ámbito de las infraestructuras viales, se trata de preservar el capital común que forman las redes de carreteras. En Europa, el rigor del invierno 2009–2010 reveló, a este respecto, lagunas en cuanto al mantenimiento vial. Las degradaciones en algunos itinerarios, incluidas las autopistas, hicieron que los usuarios se concienciasen y, por lo tanto, más allá de los profesionales y de los gestores de redes, de la necesidad del mantenimiento preventivo.

En Europa, la crisis y las limitaciones presupuestarias que acompañan, también afectan a los presupuestos de mantenimiento y llevan a los gestores de redes a optimizar las soluciones técnicas aplicadas. Ahí se alcanza el “more for less” (“obtener más gastando menos”) de los estadounidenses.

Tanto en Irlanda como en el Reino Unido, donde se adoptaron las medidas de ahorro más drásticas, los industriales de la emulsión movilizaron rápidamente sus mercados tradicionales que, paradójicamente, disfrutaban de una situación económica difícil. Este trabajo, abordado más adelante, un desarrollo de la utilización de emulsiones modificadas, que permiten su utilización en itinerarios que soportan un tráfico en crecimiento.

#### 4.2 El medio ambiente

Las cuestiones medioambientales están permanentemente en el centro de las preocupaciones de los industriales, aunque sólo sea a causa de la normativa creciente. En este caso concreto, no se trata ni de una limitación ni de una oportunidad. Se trata simplemente de un “must”:



Las que no piensan en el impacto ambiental de sus operaciones se encontrarán en situación de desventaja, no sólo porque sus competidores lo hacen, pero también porque el público lo exige .

La utilización de emulsiones bituminosas contribuye a limitar las emisiones de gas de efecto invernadero (GES), así como el consumo de energía fósil.

En cuanto a aglomerados para capa de superficie, el WOE2010 destacó el desarrollo de aglomerados con emulsión templada; este método confiere al aglomerado una mayor manejabilidad, permitiendo alcanzar niveles de compactabilidad y resultados técnicos en fuerte progresión.

### 4.3 La dimensión social

La industria de carreteras tiene deberes específicos en cuanto a higiene y seguridad, en la medida en que su actividad se ejerce, al menos en parte, en obras en las que la proximidad del público es algo importante que conviene tener en cuenta.

Por otra parte, la evolución de la normativa lleva a la industria, a favorecer las soluciones de menor impacto tanto si se trata de medio ambiente como de seguridad. Será seguramente una de las principales consecuencias de la normativa REACH que, debido a la obligación de evaluar las distintas situaciones de exposición, responsabilizará a los productores y permitirá a los usuarios ejercer su actividad en las mejores condiciones.

Los avances en términos económicos y medioambientales se realizan a menudo al mismo tiempo que los compromisos crecientes en cuanto a seguridad. Es el caso de los cut backs o derivados asfálticos de flujo, sustituidos progresivamente por las emulsiones.

### 5. Conclusiones

La técnica de las emulsiones de betún no es nueva. Ha progresado desde su nacimiento en los años 20 y 30 para alcanzar un nivel de desarrollo internacional. Todos los países importantes la han adoptado y la utilizan habitualmente en sus redes viales.

Sin embargo, este desarrollo es insuficiente respecto a las ventajas que las técnicas de emulsión ofrecen a los organismos públicos.

Con ello, el año 2010 ha conocido una movilización sin precedentes de la industria de las emulsiones bituminosas, de ello da prueba su amplia participación en el WOE2010 en un contexto especialmente agudo de limitaciones presupuestarias. La industria tiene así en cuenta los problemas específicos que podrían obstaculizar su desarrollo así como los factores que, al contrario, van a favorecerla.

Paradójicamente, es la crisis económica la desencadenante de este desarrollo. En efecto, se asiste a una conjunción de factores sin la cual no es posible ninguna ruptura. En la actualidad, las limitaciones financieras asociadas a las exigencias medioambientales y sociales constituyen un contexto excepcional en el cual las emulsiones han encontrado su sitio. Precisamente es en esto en lo que el año 2011 será un año de cambios. Y los estadounidenses no se equivocan con la creación de la Emulsion Task Force. En Europa, es la norma EN13808 y el control de producción en fábrica asociado lo que contribuirá a reforzar la confianza de los contratistas para una técnica probada y en constante renovación.

**Jean-Claude Roffé**  
**Presidente**  
**IBEF**

**FABRICANTE Y DISTRIBUIDOR DE EQUIPOS PARA MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE**

**MEZCLADORA EN CALIENTE**



**MEZCLADORA EN CALIENTE**  
 UNE-EN 12697-35  
 INFRA TEST



**MEZCLADORA EN CALIENTE**  
 UNE-EN 12697-35  
 MECACISA

**ANALIZADOR ASFÁLTICO AUTOMÁTICO**



**ANALIZADOR ASFÁLTICO AUTOMÁTICO**  
 UNE-EN 12697-1  
 INFRA TEST

**WHEEL TRACKING**

**WHEEL TRACKING DOBLE PISTA**  
 UNE-EN 12697-22  
 MECACISA



**COMPACTADOR**



**COMPACTADOR DE IMPACTO**  
 UNE-EN 12697-30  
 UNE-EN 12697-10 COMPACTABILIDAD  
 MECACISA

**PAVE TRACKER**

**PAVE TRACKER**  
 MEDIDOR NO NUCLEAR DE DENSIDAD  
 TROXLER



**COMPACTADORES**



**COMPACTADOR RODILLO**  
 UNE-EN 12697-33  
 INFRA TEST



**COMPACTADOR RODILLO**  
 UNE-EN 12697-33  
 COOPER

**COMPACTADORES**



**COMPACTADOR GIRATORIO**  
 UNE-EN 12697-31  
 COOPER



**COMPACTADOR GIRATORIO**  
 UNE-EN 12697-31  
 TROXLER

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

- ÁRIDOS • SUELOS • CEMENTOS • AUSCULTACIÓN DE FIRMES • ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS • ROCAS
- HORMIGONES • LIGANTES • MEZCLAS BITUMINOSAS

**¡LIDER EN CALIDAD!**



# Inversiones en construcción y conservación de infraestructuras. Responsabilidades públicas y respuestas empresariales ante la actual crisis

Después de muchos años de grandes inversiones en construcción, las redes de carreteras españolas siguen padeciendo déficits de conservación cuya solución no parece hallarse entre las prioridades de las administraciones públicas. En este artículo se discute la distribución de sus presupuestos entre construcción y conservación de infraestructuras, se señalan diversas responsabilidades que no debieran dejar de atenderse cualquiera que sea la coyuntura económica, y se proponen algunas respuestas por parte del sector empresarial más afectado por políticas inversoras de esta naturaleza.

**PALABRAS CLAVE:** Inversiones, construcción, conservación, carreteras

After many years of great investments in new constructions, the Spanish road nets still suffers maintenance deficits its solution seems not to be within public administration priorities. This paper discusses budget distribution between construction and maintenance of infrastructures and points out some responsibilities that should not be disregarded in any economical conjuncture. Also, some answers are suggested to the most affected companies because of these sorts of investment politics.

**KEY WORDS:** Investments, construction, maintenance, roads

**Jorge Ortiz Ripoll**  
Presidente de ASEFMA  
jorge.ortiz@inviam.es

***"Yo no soy keynesiano"***  
**(John Maynard Keynes)**

## 1. Introducción

El crecimiento económico de un país se halla muy relacionado con sus inversiones en la construcción de nuevas infraestructuras, pero también con las dirigidas a la conservación de las existentes. El descuido de las inversiones en conservación ha sido un problema recurrente en los países en vías de desarrollo: según el Banco Mundial, las consiguientes ineficiencias de las infraestructuras de carreteras,

ferrocarriles, energéticas o hidráulicas, causan pérdidas equivalentes al 25% de la inversión total anual en nuevas infraestructuras. Invertir en conservación ayuda a reducir pérdidas y eleva los efectos productivos del capital público en la producción privada. Mejorar el estado de conservación de las infraestructuras, en definitiva, incrementa la durabilidad y la calidad del capital público, estimulando el crecimiento económico (Agénor, 2005).

La creación de nuevas infraestructuras aumenta el stock de capital público, pero también las necesidades de destinar recursos a la conservación. En los países desarrollados, en consecuencia, las inversiones en conservación absorben una proporción cada vez mayor de las inversiones públicas totales. La mencionada relación entre inversiones públicas y crecimiento económico depende cada vez más de la eficiencia en la elección de las inversiones y de la mejora de las tecnologías empleadas en la conservación del patrimonio existente (Is-hikura, 2010).

## Inversiones en construcción y conservación de infraestructuras

### 2. Crecimiento e inversiones en infraestructuras

Los economistas académicos han usado diversos modelos para establecer la relación entre producción, inversiones públicas en infraestructuras productivas, capital privado y trabajo. Los más conocidos suelen basarse en la función de *Cobb-Douglas*, que adopta la siguiente forma:

$$Y = A * (K_G)^\beta (K_P)^\alpha (L_P)^{1-\alpha}$$

donde  $Y$  representa el *output* o producción del sistema económico nacional mientras que los *inputs* son  $K_G$  el stock de infraestructuras públicas productivas,  $K_P$  el stock de capital privado y  $L_P$  el flujo de servicios del sector privado.  $A$  es el factor total de productividad. Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  son las elasticidades del producto de los capitales privado y público, respectivamente, es decir, miden la respuesta del producto  $Y$  a un cambio en los niveles de trabajo o capital usados en la producción.

El capital privado se deprecia a una tasa  $\delta_P$ , de modo que, si designamos por  $I_P$  las inversiones privadas en el periodo, su variación viene dada por:

$$\dot{K}_P = I_P - \delta_P K_P$$

Del mismo modo, el capital público se deprecia a una tasa  $\delta_G$  y varía según la expresión:

$$\dot{K}_G = I_G - \delta_G K_G$$

La tasa de depreciación del capital público en infraestructuras  $\delta_G$  ha sido vinculada por diversos autores con las inversiones en mantenimiento  $M$ , por ejemplo según la siguiente expresión:

$$\delta_G = 1 - \gamma_G \frac{M}{K_G}$$

donde  $\gamma_G$  es una medida de la eficiencia de las inversiones destinadas a la conservación de las infraestructuras públicas. Una consecuencia de esta formulación es que si no se destina ninguna inversión a esta actividad, el stock de capital fijo puede depreciarse enteramente (Agénor, 2005).

Naturalmente, los valores asignados a los parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  determinan la distribución óptima teórica de la inversión pú-

blica entre creación y conservación de infraestructuras. La conclusión, para la generalidad de los países en vías de desarrollo, utilizando éstos o similares modelos, es que las inversiones realmente destinadas a la conservación de sus infraestructuras son muy inferiores a las que corresponderían a una gestión eficiente de los recursos públicos, en línea con las conclusiones del Banco Mundial. En los países desarrollados se tiende a comprender mejor la necesidad de invertir en conservación y cabe esperar distintos comportamientos de los inversores públicos.

### 3. Inversiones en países desarrollados

Las inversiones públicas en los países desarrollados se destinan en proporciones cada vez mayores a la conservación de las infraestructuras existentes frente a la construcción de nuevas infraestructuras:

- A medida que aumenta el stock de capital fijo en infraestructuras lo hacen también las necesidades de conservación,
- Con el desarrollo del stock de infraestructuras, decrece el interés económico y social de invertir en la creación de nuevas infraestructuras,
- Se supone que la elección entre alternativas responde a criterios bien elaborados, que toman correctamente en cuenta los costes de la no conservación.

Podemos intuir ya que es improbable que invertir en nuevas infraestructuras a costa de acumular déficits de conservación responda a una correcta asignación de recursos. También en los países desarrollados, y más aún en tiempos de crisis, impulsar el crecimiento económico es uno de los primeros objetivos de los gestores públicos y para ello es preciso una política inversora que tome en cuenta las diferentes contribuciones de las alternativas disponibles. Antes de optar entre construir o conservar (o más precisamente, entre construir menos atendiendo las necesidades de conservación, o construir más desatendiendo esta últimas) es importante asegurar la idoneidad de los criterios de selección utilizados, lo que podría equivaler a resolver formulaciones analíticas como las anteriormente presentadas después de elegir cuidadosamente los valores de los parámetros de elasticidad  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ .

Trataremos de ser más concretos en nuestro siguiente apartado en el que nos referiremos a las inversiones en conservación de las redes de carreteras españolas.

#### 4. España y sus redes de carreteras

España, como corresponde a su grado de desarrollo y después de más de veinte años de cuantiosas inversiones públicas, posee una importantísima red de carreteras por la que circulan en torno al 90% de los tráficos totales de viajeros y mercancías. El estado de sus firmes, sin embargo, dista de ser bueno. El déficit de conservación es un mal de carácter estructural, que ningún plan de infraestructuras ha sido capaz de resolver (del Val, 2010).

Fijémonos ahora en algunas características de las inversiones en conservación de firmes que pueden decirnos algo, si quiera sea cualitativamente, acerca de los parámetros de elasticidad del crecimiento.

**Tabla 1. Valoración del patrimonio viario, por administraciones públicas en 2005 (millones de euros). Fuente: Price Waterhouse -ACEX 2007**

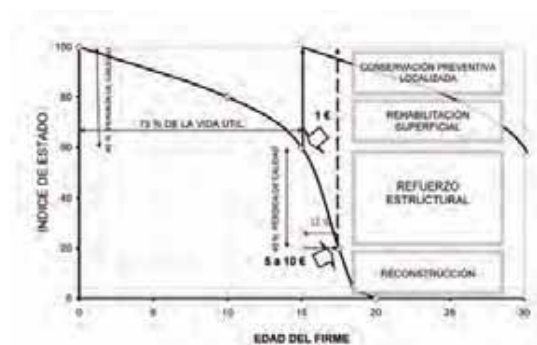
Red de Carreteras del Estado	70.002
Redes autonómicas	76.775
Diputaciones y Cabildos	24.098
<b>TOTAL</b>	<b>170.875</b>

- La convexidad de las curvas que representan la evolución en el tiempo del estado de los firmes (figura 1), acerca de la cual el consenso técnico es generalizado, supone que en ningún caso es rentable económicamente posponer las actuaciones de conservación más allá de cuando es técnicamente aconsejable.
- Como consecuencia de esta no linealidad de la tasa de depreciación del patrimonio viario, la destrucción de capital público fijo se acelera con el paso del tiempo hasta superar con creces el coste de la intervenciones no efectuadas ( $\delta$ : aumenta si se retrasan las inversiones en conservación)
- El déficit de conservación no sólo reduce la durabilidad de las infraestructuras, también disminuye su capacidad e incrementa los gastos por su uso, es decir, reduce su eficacia ( $\beta$ ) y por tanto la contribución del stock público a la creación de riqueza
- Por último, unas carreteras deficientemente conservadas perjudican también la durabilidad del capital privado (los

vehículos que circulan por las carreteras), afectando a la correspondiente tasa de depreciación ( $\delta_p$ ) de este capital.

En cuanto a la eficiencia de las inversiones en conservación ( $\gamma$ ) es oportuno considerar que, en el ámbito de la conservación de firmes, disponemos desde hace algún tiempo de las tecnologías capaces de incrementar significativamente su productividad: piénsese en las diversas técnicas de reciclado de firmes, entre otras, cuyos primeros frutos (en términos de reducción de costes, consumos de materias primas o impactos ambientales) sólo recientemente han comenzado a recogerse. Existe, pues, un amplio margen de mejora para la eficiencia de las inversiones en conservación (no disponible en la misma medida en la creación de infraestructuras), que habla en favor del apoyo a la innovación como condición para esa mejora.

Parece que podemos alcanzar una primera conclusión, cualquiera que sea la complejidad el modelo económico utilizado: sólo las inversiones en construcción de nuevas infraestructuras con retornos económicos y sociales muy elevados pueden justificar alguna prioridad sobre las inversiones necesarias para mantener nuestras carreteras en un correcto estado de conservación. O, inversamente, es bien dudoso que el crecimiento de nuestra economía pueda impulsarse de un modo sostenido si se destinan parte de los recursos demandados por la adecuada conservación de las redes de carreteras a la construcción de nuevas infraestructuras de transporte. Si las nuevas infraestructuras se construyen para atender corredores de baja o muy baja demanda, para los que ya existen modos de transporte alternativos, muy difícilmente las dudas mencionadas pueden dejar de tornarse en certezas. Véanse al respecto, los trabajos de Rus *et al.* (2009) e Hinojosa (2008).



**Figura 1. Importancia de la programación y el alcance de las actuaciones de conservación, o la regla del "pague ahora, o pague mucho más un poco más tarde".**

## Inversiones en construcción y conservación de infraestructuras

Tabla 2. Inversiones en las redes de carreteras de las Comunidades Autónomas y Diputaciones y Cabildos, en miles de euros corrientes (Fuente: Anuarios Estadísticos del Ministerio de Fomento 2009).

Comunidades autónomas								
Ejercicio	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Conservación	388.242	490.478	571.451	656.210	672.816	715.573	975.013	603.144
Construcción	1.205.564	1.600.065	1.509.558	2.038.309	2.063.947	1.983.548	1.939.768	1.897.030
Totales	1.593.806	2.090.543	2.081.009	2.694.519	2.736.763	2.699.121	2.914.781	2.500.174

Diputaciones y cabildos								
Ejercicio	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Conservación	329.787	402.371	435.051	450.222	557.437	460.579	458.036	454.256
Construcción	273.959	373.528	371.185	448.508	364.034	512.708	535.263	518.665
Totales	603.746	775.899	806.236	898.730	921.471	973.287	993.299	972.921

### 5. Inversiones reales en conservación de firmes en España

La preocupación por la conservación manifestada reiteradamente por los responsables de los organismos inversores de las diferentes administraciones públicas es casi un lugar común desde hace algún tiempo. Veamos, sin embargo, hasta qué punto esta preocupación se concreta en la evolución de los presupuestos destinados a la conservación de las redes de carreteras.

#### 5.1 Carreteras de Comunidades Autónomas y Cabildos

A pesar de las grandes diferencias que se dan entre las redes de carreteras de las distintas Comunidades Autónomas, Diputaciones y Cabildos, las inversiones totales según se recogen en los anuarios estadísticos del Ministerio de Fomento, permiten señalar unas primeras conclusiones.

Como puede observarse en la tabla 2, las inversiones que Comunidades Autónomas, y Diputaciones y Cabildos destinan a la conservación de sus redes de carreteras parecen depender más de la coyuntura económica que de alguna planificación. Su participación en las inversiones totales no sólo no ha crecido en los últimos diez años, como sucede para el

conjunto de las CCAA, si no que muestra reducciones significativas en Diputaciones y Cabildos (figura 2).

#### 5.2 Red de carreteras del Estado

Cualquier análisis de las inversiones del Ministerio de Fomento en conservación de carreteras debe considerar la aportación de los contratos de servicios denominados de *conservación integral*. En 2000 había 106 de esos contratos, que supusieron una inversión de 163 millones de euros frente a los 156 contratos ac-

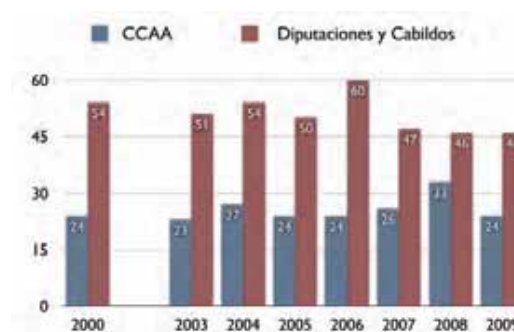


Figura 2. Inversiones en conservación en porcentaje sobre las inversiones totales en las redes de carreteras para el conjunto de Comunidades Autónomas y Diputaciones y Cabildos.

Tabla 3. Inversiones en rehabilitación y seguridad vial (2000-01) y adjudicaciones en 2005-09, en euros corrientes, constantes (2009) y unitaria por km de calzada de la red de carreteras del Estado con antigüedad igual o superior a diez años.

Ejercicio		2000	2001	2005	2006	2007	2008	2009
	UD	Inversiones <sup>1</sup>		Adjudicaciones <sup>2</sup>				
Moneda corriente	10 <sup>3</sup> €	209.278	231.714	103.106	307.560	355.101	329.721	251.631
Deflactor 2009 <sup>3</sup>	%	75,9	82,4	101,0	105,8	108,2	106,8	100,0
Moneda constante 2009	10 <sup>3</sup> €	275.729	281.207	102.085	290.699	328.189	308.728	251.631
<b>Inversión media</b>	<b>10<sup>3</sup> €</b>		<b>278.468</b>					<b>256.267</b>
Longitud de calzadas	km	31.761	32.540	34.880	35.885	36.372	36.130	36.729
Longitud A ≥ 10 años	km	24.801	25.209	29.200	29.665	30.316	31.265	31.781
Inversión unitaria total	€/km	8.681	8.642	2.927	8.101	9.023	8.545	6.851
Inversión unitaria A ≥ 10	€/km	11.118	11.155	3.496	9.799	10.826	9.875	7.918
<b>Inversión u. media A ≥ 10</b>	<b>€/km</b>		<b>11.136</b>					<b>8.383</b>

(1) Diario de sesiones del Senado. Comisión de Infraestructuras, 30-10-2001

(2) Monografía 12 ASEFMA

(3) Deflatores del valor añadido bruto de la construcción, Anuario Estadístico 2009 del Ministerio de Fomento.

tuales cuya inversión supera, probablemente, los 400 millones de euros anuales. Se incluyen en el capítulo 453C *Conservación y Explotación* de los Presupuestos Generales, junto con otros programas y subprogramas como *Mejora y Rehabilitación de Firms, Seguridad Vial, Asistencias Técnicas*, entre otros.

Puesto que más del 90% del presupuesto de los contratos de conservación integral se destina a tareas como inspección, vigilancia, mantenimiento de la vialidad, limpieza... es cuando menos discutible su consideración como *inversiones reales* o su contribución a la *formación bruta de capital*, al igual que la de otros de los programas del mismo capítulo, que las cuentas públicas no distinguen.

Nuestra descripción, ceñida a las inversiones en conservación de firms, éstas sí inversiones reales desde todo punto de vista, se presenta en la tabla 3, donde se han comparado las inversiones en *Mejora y Rehabilitación de Firms y Seguridad Vial* de los ejercicios 2000 y 2001 con las adjudicaciones en el quinquenio 2005-2009.

Puede comprobarse cómo el importe medio de las adjudicaciones en el periodo 2005-2009 es (en valor absoluto, medido en euros constantes) inferior al valor medio de las inversiones en los ejercicios 2000-2001, con una reducción del 8,0% pese al crecimiento continuado de la red. En la misma tabla 3 se han calculado las inversiones unitarias por km de calzada de *antigüedad igual o superior a diez años*, cuando es de prever que las necesidades de rehabilitación han comenzado a manifestarse. Las adjudicaciones medias en el quinquenio 2005-2009 son de 8.383 € por km de calzada, inferiores en un 24,7% a las inversiones medias en 2000-2001 que fueron de 11.136 €/km (en euros constantes de 2009).

La tabla 3 y las figuras 3 y 4, muestran, en el periodo 2005-2009, otra característica impropia de inversiones de esta naturaleza: una elevada inestabilidad, pues las adjudicaciones de 2007 triplican las de 2005 y, probablemente, multiplicarán por más de seis las de 2010.

## Inversiones en construcción y conservación de infraestructuras

De no corregirse con urgencia las tendencias observadas, sólo cabe prever un acelerado deterioro del estado de los firmes de la red de carreteras del Estado, que ya ha comenzado a hacerse evidente. Recordemos que el déficit de conservación acumulado de las carreteras españolas ha sido estimado en 1.436 M€ para la red de carreteras del Estado y 3.257 M€ en las de las CCAA. Por su parte, las necesidades anuales de inversión en mejora y rehabilitación de firmes de la red de carreteras del Estado, fueron valoradas en cifras muy cercanas a 700 M€ en los sucesivos planes de infraestructuras del Ministerio de Fomento: PDI, *Plan Director de Infraestructuras 1993-2007* y PEIT, *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020*. Es decir, en el mejor de los ejercicios de la década 2000-2009, el Ministerio de Fomento no ha llegado a invertir en Mejora y Rehabilitación de sus firmes el 50% de las previsiones contenidas en sus propios planes de infraestructuras (del Val, 2010).

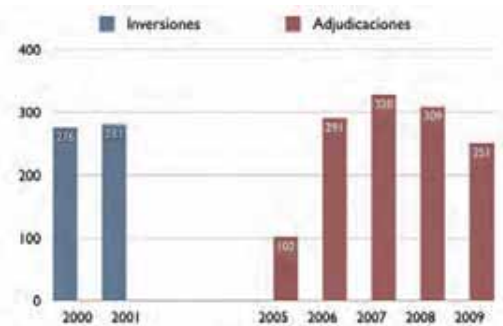


Figura 3. Inversiones y adjudicaciones en rehabilitación de firmes en la red de carreteras del Estado (miles de euros constantes de 2009).

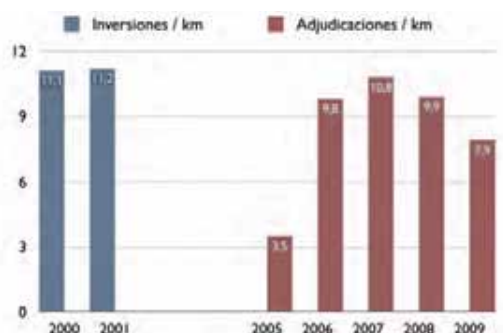


Figura 4. Inversiones y adjudicaciones unitarias en rehabilitación de firmes en la red de carreteras del Estado (miles de euros constantes de 2009 por km de calzada con más de 10 años de antigüedad).

### 6. Responsabilidades públicas

Con la exposición anterior creemos haber acumulado suficientes argumentos para apuntar diversas responsabilidades que están siendo desatendidas por los responsables de las inversiones públicas en infraestructuras.

- Ninguna coyuntura económica justifica que las inversiones en conservación de carreteras se posterguen en favor de la construcción de nuevas infraestructuras con rentabilidades inferiores a los costes de los déficits de conservación. Sin embargo, después de dos décadas de grandes inversiones en creación de infraestructuras, las inversiones en conservación apenas han aumentado su participación en los presupuestos de las administraciones públicas españolas, incluso se han visto reducidas, en términos reales, en sucesivos ejercicios. Esta circunstancia, por sí sola, cuestiona la asignación de recursos efectuada y debería obligar a revisar los análisis coste-beneficio en los que, eventualmente, se han basado las decisiones adoptadas.
- Una correcta y eficiente conservación de las redes de carreteras exige que las inversiones en conservación sean programadas con criterios técnicos y proporcionadas a la extensión de la red y a su valor patrimonial. Además, se trata de inversiones que deben mantenerse estables año a año, y no sólo para el conjunto de la red. Las Unidades de Carreteras del Estado, por ejemplo, tienen a su cargo tramos de suficiente longitud como para que las asignaciones presupuestarias no fluctúen significativamente, ni siquiera en esos ámbitos geográficos más reducidos, si los importes de los contratos no se elevan excesivamente.
- Las administraciones públicas están sometidas también a obligaciones de transparencia: de éstas se deriva la necesidad de distinguir apropiadamente las inversiones en conservación de firmes de los costes de explotación o de mantenimiento de la vialidad<sup>1</sup>. Prescindir de esta distinción distorsiona completamente los resultados de cualquier análisis basado en las cuentas públicas tal como se recogen, aprueban y controlan, en la Ley de Presupuestos Generales.

<sup>1</sup> Como, por otra parte, se desprende del propio concepto de Formación Bruta de Capital Fijo o de la naturaleza de las partidas que deben ser incluidas en el capítulo VI Inversiones Reales de los presupuestos generales: bienes adquiridos o producidos para ser utilizados durante varios ejercicios.



Además, la Ley 33/2003 de Patrimonio de las Administraciones Públicas, que establece los principios a los que deben ajustarse las administraciones públicas en la gestión y administración de los bienes y derechos demaniales de los que son titulares, incluye entre ellos los de *ejercitar las prerrogativas que garanticen su conservación e integridad*. En definitiva, la conservación de las redes de carreteras, las primeras de nuestras infraestructuras públicas por su valor patrimonial, no es una potestad sino una obligación que debe ser atendida diligentemente por sus responsables (del Val, 2010).

### 7. Situación del sector empresarial en España

El sector empresarial que tiene por principal actividad la construcción y conservación de firmes de carretera está constituido por unas 200 compañías, propietarias de unas 475 centrales de fabricación, además de equipos de maquinaria pesada, medios de transporte, instalaciones auxiliares, yacimientos y canteras. Es un sector fuertemente industrializado, con más de 2.000 millones de euros en bienes de equipo, y que da empleo a más de 30.000 personas (ASEFMA, Memoria anual 2009).

Las restricciones presupuestarias motivadas por la actual crisis económica han afectado muy considerablemente a este sector, que ha visto reducida su actividad de forma simultánea, en sus distintos mercados: demanda privada, inversiones en construcción de carreteras, e inversiones en conservación de firmes.

Sin embargo, se trata de tres mercados orientados a diferentes objetivos, incluso promovidos por distintos agentes, cuya evolución no tendría por qué guardar paralelismos tan acentuados como los que están registrando:

- La *demanda privada*, muy vinculada a la actividad industrial, pero también a la construcción o ampliación de polígonos y superficies municipales, comerciales, logísticas, o particulares, ha caído estrepitosamente, en proporción al parón de la actividad promotora.
- La *construcción de carreteras* ha sufrido la mayor parte de los recortes presupuestarios de las diversas administraciones públicas. El Ministerio de Fomento, en particular, ha paralizado obras y rescindido contratos, hasta hacer recaer sobre estas infraestructuras todo el peso de un

ajuste del que se han librado las vinculadas a otros modos de transporte.

- Por último, las *inversiones en mejora y rehabilitación de firmes* también se han visto reducidas del modo que hemos revisado, obviándose los requisitos de eficiencia y estabilidad presupuestaria, y su condición de necesarias para salvaguardar el patrimonio viario.

La figura 5 muestra la producción nacional de mezclas bituminosas desde 2003 (según ASEFMA). Sobre una primera estimación para 2011 se ha dibujado la producción adicional que se alcanzaría si las diferentes administraciones públicas atendieran las necesidades de conservación de sus redes de carreteras según han sido valoradas en estudios como el realizado por el profesor *del Val* o en los propios Planes de Infraestructuras del Ministerio de Fomento. De este modo se llegaría en 2011 a una producción próxima a 40 millones de toneladas, similar al nivel alcanzado en 2004, el más bajo del quinquenio anterior al estallido de la crisis. La caída sería de un 20% en relación con las producciones máximas de 2007, frente al 44% de las actuales previsiones: en esa medida debe valorarse la contribución al mercado total de mezclas bituminosas de la demanda originada en la conservación de los firmes de las redes de carreteras.

A largo plazo, cabe prever que el mercado tienda a situarse en niveles similares a los de los países de nuestro entorno socio-económico más próximo, unas 675.000 a 700.000 t por millón de habitantes y año, que lo situarían en 32-34 millones de toneladas, un 30% por debajo de los niveles máximos de 2007. De ellas, unos 15-16 millones (un 45% de la producción total) procederían de la conservación de firmes, lo que puede dar una idea de la importancia que estas inversiones tienen para el sector y de su potencial influencia estabilizadora.

Junto a esas perspectivas, un análisis sectorial no puede dejar de aludir a la condición industrial a la que antes nos referimos para destacar las inercias que limitan su capacidad de adaptación frente a bruscas variaciones de la demanda. Los crecimientos experimentados hasta 2007 no fueron sólo en términos de producción: las administraciones y sus grandes infraestructuras públicas han exigido también importantes inversiones para la implantación de nuevas tecnologías y para la adquisición y utilización de nuevos equipos e instalaciones, además de otras adaptaciones a las que después nos referiremos.

## Inversiones en construcción y conservación de infraestructuras

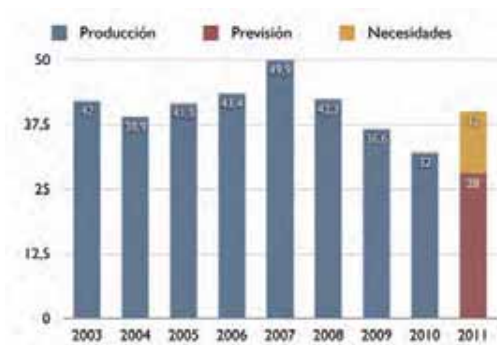


Figura 5. Producciones de MBC en España en 2003-10 y previsiones para 2011 incluyendo las correspondientes a la atención de los déficit de conservación estimados para el conjunto de administraciones públicas (millones de t).

Las inversiones en conservación de firmes, convenientemente atendidas, son un factor de estabilización especialmente necesario en el sector de las mezclas bituminosas. Si continúan relegándose, acentuarán la caída de la demanda total dañándolo gravemente puesto que por su organización, naturaleza industrial, y fuerte vinculación al terreno, no dispone de las oportunidades, de la capacidad de adaptación, ni de las flexibilidades, más típicas de las empresas constructoras generalistas.

### 8. Respuestas empresariales

Ante una situación como la presente, probablemente la actuación empresarial con mayor sentido consista en reivindicar ante las diferentes administraciones las inversiones en conservación demandadas por una gestión eficiente de los recursos públicos. Para superar cualquier reserva en cuanto al interés de acciones empresariales de esta índole conviene considerar, además de la procedencia de defender una mejor gestión de las cuentas públicas, los graves deterioros que se producirán en las distintas redes de carreteras, también a corto plazo, de continuarse con las actuales políticas de inversión.

Otro tipo de medidas, ya de carácter interno, corresponden al ámbito de las decisiones individuales de cada empresa y habrán de responder a sus diferentes situaciones, perspectivas y estrategias. Entre las de validez general, además de la búsqueda de eficiencias y mejoras de competitividad, objetivos permanentes de cualquier organización empresarial, la apuesta por la innovación (sea tecnológica, u organizativa), parece hoy más segura que nunca:

### 8.1 Innovación tecnológica

La innovación tecnológica se mencionó antes como una de las grandes oportunidades ofrecidas por las actuaciones relacionadas con la conservación de firmes. El notable avance experimentado por las empresas del sector en los recientes ejercicios (en cuanto a especialización de su personal, generación de conocimiento, equipamiento de laboratorios, modernización de instalaciones y medios de puesta en obra) unido a las posibilidades ofrecidas por las obras de conservación de firmes, señalan el interés de esta opción.

En particular, las técnicas de reciclado de firmes deberían recibir una atención prioritaria. Reúnen ventajas económicas, ambientales y de eficiencia, y permiten modificar sustancialmente las proporciones en que los diferentes componentes intervienen en la cuenta de explotación: la repercusión del coste de las materias primas, por ejemplo, puede reducirse notablemente sustituyéndose por participaciones más elevadas de otros sumandos de mayor valor añadido, como capital humano y tecnología. Entre otras consecuencias, para una misma inversión, puede incrementarse significativamente la generación de empleo, en relación con las técnicas convencionales y, por supuesto, si se compara con la alcanzada en la creación de nuevas infraestructuras. Es ésta una consideración que hoy ha de ser tenida muy presente por las empresas, pero también por las administraciones públicas.

### 8.2 Innovación en las organizaciones

Entre los cambios que las empresas han introducido en sus organizaciones en los últimos años de elevada actividad han tenido una indiscutible relevancia los derivados de la implantación generalizada de sistemas de gestión (de calidad, prevención, medio ambiente...) de su certificación, e incluso como consecuencia de la obligatoriedad del Mercado CE de áridos y mezclas bituminosas. La complejidad de las organizaciones es hoy mayor que hace pocos años y lo seguirá siendo aunque los niveles de producción se reduzcan como lo están haciendo. Necesariamente las bases de su eficiencia habrán de ser diferentes: la especialización, la búsqueda de diferencias competitivas, la inversión en I+D+i, la innovación tecnológica... deben ofrecer ventajas que justifiquen esas organizaciones más complejas, para lo que convendrá no renunciar a los progresos alcanzados estos últimos años en esos ámbitos

## 9. Conclusiones

Las infraestructuras del transporte constituyen el principal activo fijo de cualquier país. Son fruto de grandes inversiones, que han absorbido proporciones muy elevadas de los presupuestos generales, efectuadas durante muchos ejercicios. Han de prestar servicio a varias generaciones, del mismo modo que han sido varias las generaciones que han dedicado una parte muy importante de su renta a su construcción

Dejar de invertir en conservación, habida cuenta de los costes de los correspondientes déficits, nunca es una buena opción, menos aún en la actual coyuntura, mientras se siguen creando infraestructuras de baja demanda y después de haberse probado con dudoso éxito pretendidas recetas keynesianas de estímulo a la economía y el empleo. Recordemos que Keynes, como Krugman, apostaba realmente por “activar el gasto en aquellas infraestructuras importantes que en cualquier caso el país necesita urgentemente”, además de por la estabilidad presupuestaria (Skidelsky, 2009). Puestos a ser *keynesianos*, las propuestas del maestro casan mucho mejor con resolver los déficits acumulados de la conservación en carreteras (incrementando el valor del capital público, su eficiencia, la durabilidad del capital privado,...) que con las actuales inversiones alternativas, o con los usos dados a otros fondos dotados con importes que superan los que servirían para cubrir durante muchos años las desatendidas necesidades de conservación.

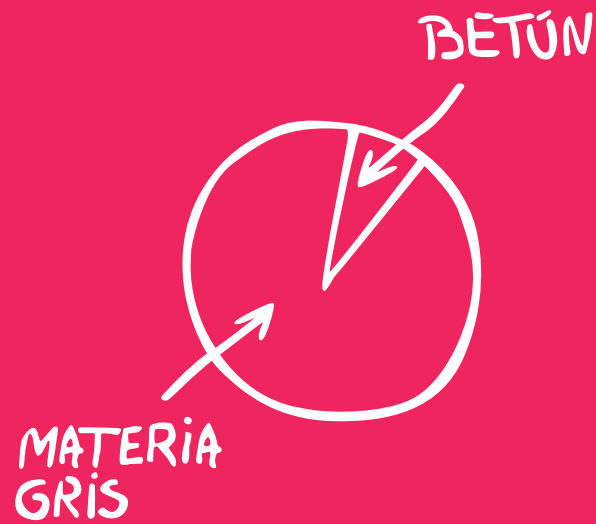
Desde un punto de vista sectorial, la caída de la demanda privada, sumada a la exagerada penalización impuesta a las inversiones en construcción de carreteras, dibuja un panorama muy sombrío para las empresas que tienen por actividad la construcción y conservación de firmes. Además, y según se ha descrito, las inversiones en conservación, las que más ajenas debieran mantenerse a la crisis, han sufrido grandes recortes, mientras siguen padeciéndose déficits evidentes. El cumplimiento por parte de las diferentes administraciones públicas de sus propias planificaciones en esta materia bastaría para corregir inestabilidades como las mostradas, que afectan gravemente a un sector tan industrializado como el vinculado a la conservación de los firmes carreteras.

Finalmente, se ha subrayado cómo, ahora más que nunca, en el ámbito de la conservación de firmes, las empresas han aprovechar las oportunidades ofrecidas por la innovación y, particularmente, por las técnicas de reciclado. Por su

parte, las administraciones públicas debieran favorecer esas opciones, abriendo los campos de aplicación de las nuevas tecnologías e impulsando decididamente su incorporación entre las técnicas de conservación convencionales.

## 10. Referencias

- Agénor, P., *Infrastructure investment and maintenance expenditure: Optimal allocation rules in a growing economy*. Centre for Growth and Business Cycle Research Economic Studies, University of Manchester. Number 600, September 2005
- De Rus, G. y De Nash, C., (2009): *¿En qué circunstancias está justificado invertir en líneas de alta velocidad ferroviaria?*. Fundación BBVA. Documentos de Trabajo. Número 4., 2009
- Del Val, M. A. *Las necesidades de conservación de los firmes de las carreteras españolas*. 56 pág. Monografía 12. ASEFMA, Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas. 2010
- Hinojosa, S., *Opciones reales en inversiones públicas: Revisión de literatura, desarrollos conceptuales y aplicaciones*. CLADEA, Septiembre de 2008.
- Ishikura, T., *Improvement of infrastructure maintenance technology and growth of aggregated economy*. 12th WCTR. Lisboa, Julio de 2010.
- Skidelsky, R., *El Regreso de Keynes*. 249 pág. Editorial Crítica. EGEDSA Barcelona, 2009.



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

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

Probisa, una empresa de Eurovía  
Abrimos paso a nuevas ideas

# Emulsiones modificadas con polvo de neumático fuera de uso.

## NFU-EMULSIONES

En España se generan más de 300.000 toneladas al año de neumáticos fuera de uso (NFU), sin contar el "stock histórico" estimado ya en más de tres millones de toneladas. Esta cifra ha llevado al Ministerio de Medio Ambiente a elaborar un Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso para contribuir en la disminución de dichas cantidades siempre que sea técnica y económicamente posible. En consecuencia, el Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) establece su posible uso en las mezclas bituminosas. Recientemente se han desarrollado los betunes modificados, mejorados o de alta viscosidad con caucho procedente de NFU, empleándose en carreteras como ligantes de iguales o mejores prestaciones que los betunes modificados con polímeros. Recientemente, es posible encontrar un nuevo ligante en el mercado que contiene NFU en su formulación, las emulsiones modificadas con polvo de neumático fuera de uso, NFU-emulsiones.

**Palabras clave:** NFU (neumáticos fuera de uso), emulsiones modificadas, sedimentación, estabilidad.

In Spain more than 300.000 tons of reclaimed tire rubbers (RTR) are generated per year, without taking into account the estimated historical stock in more than three million tons. These figures had brought to the Environment Ministry to elaborate a Jurisdiction National Plan about Tires Out of Use to contribute to reducing these amounts whenever it is technical and economically possible. Consequently, the General Fold of Technical Prescriptions for Works of Roads and Bridges establishes their possible use of the RTR in the bituminous mixes. Like this the modified bitumen, improved bitumen or the high viscosity modified bitumen with pulse of rubber have been developed recently. That are employed in roads like binding agent of equals contributions that the bitumen modified with polymers. And recently, it is possible to find a new binder in the market that contains RTR in its formulation, the emulsions modified with crumb rubber out of use, NFU-emulsions.

**Key words:** RTR (reclaimed tire rubber), modified emulsions, settlement, stability.

Nuria Querol Sola. [nuria.querol@sorigue.com](mailto:nuria.querol@sorigue.com)

Emeline Marty. [emeline.marty@sorigue.com](mailto:emeline.marty@sorigue.com)

Grupo Sorigué

y como mínimo una segunda fase líquida, betún, dispersada en forma de gotas.

Las emulsiones bituminosas son fluidos complejos. Su estabilidad depende de las fuerzas intermoleculares resultantes de las fuerzas atractivas y repulsivas que existen dentro de la estructura. Son sistemas termodinámicamente inestables, su inestabilidad se debe al aumento del área ( $\Delta A$ ) durante la emulsificación, que produce un incremento de la entalpía libre de Gibbs ( $\Delta G$ ):

$$\Delta G = \gamma \cdot \Delta A$$

Donde:  $\gamma$  = tensión interfacial

### Introducción teórica

Se define emulsión asfáltica como sistema heterogéneo formado por dos o más fases líquidas, una fase continua, agua,

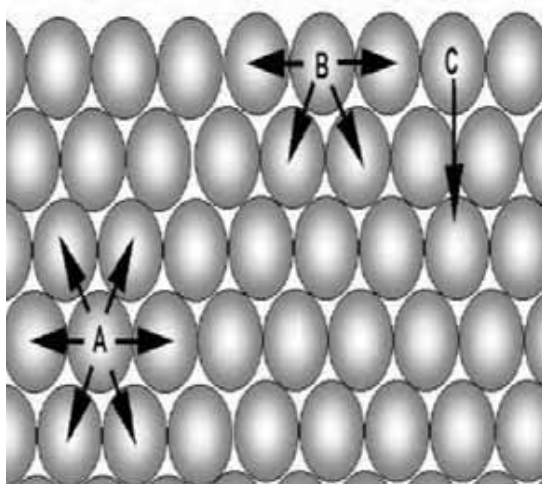


Foto 1: Representación gráfica de las fuerzas intermoleculares resultantes en una estructura de una emulsión asfáltica.

La estabilidad de las emulsiones se puede clasificar en: reversible o irreversible.

### 1. Sedimentación reversible:

#### 1.1 Cremado y sedimentación:

El betún tiene una densidad ligeramente superior que el agua, por lo tanto, por efecto de la gravedad las gotas tienden a orientarse al final del recipiente; es cuando se produce la sedimentación. Si añadimos un solvente al betún, este puede adquirir menor densidad que el agua y orientarse hacia la superficie, este fenómeno se conoce como cremado:

Podemos predecir esta velocidad de sedimentación a través de la ley de Stokes:

$$V = \frac{2 \cdot g \cdot r^2 (\delta \text{ glóbulos} - \delta \text{ fase continua})}{9 \eta}$$

Donde,

V= velocidad final; m/s

r = radio de las partículas; m

$\delta$  glóbulos -  $\delta$  fase continua = densidad fase dispersa y medio dispersante

g= aceleración de la gravedad; 9,8 m/s<sup>2</sup>

$\eta$  = viscosidad del medio dispersante; (g/m/s)

Si  $\delta$  glóbulos >  $\delta$  fase continua  $\rightarrow V > 0$  Sedimentación

Si  $\delta$  glóbulos <  $\delta$  fase continua  $\rightarrow V < 0$  Cremado

Por lo tanto, el tamaño medio de una emulsión es directamente proporcional a la velocidad de sedimentación e inversamente proporcional a su viscosidad. Es decir, a menor tamaño medio, menor velocidad de sedimentación y mayor viscosidad para la misma concentración de betún asfáltico residual de la emulsión.

Resumiendo, la velocidad de sedimentación se puede reducir:

- Mejorando las condiciones de almacenado, manteniendo la emulsión a temperaturas bajas y/o agitando en periodos cortos de tiempo.
- Reduciendo la densidad del betún añadiendo un solvente.
- Previendo la floculación cambiando el tipo y la concentración de tensioactivo o cambiando el pH.
- Aumentando el contenido de betún.
- Aumentando la viscosidad de la emulsión.
- Disminuyendo el tamaño de partícula de los glóbulos.

#### 1.2 Floculación

La floculación es un proceso en el cual las gotas empiezan a unirse unas a otras. Normalmente hay una gota central de tamaño mayor rodeada de pequeñas gotas. Por lo tanto, cuanto mayor homogeneidad tenga la emulsión menor floculación. Normalmente la floculación desaparece con agitación.

La velocidad de floculación disminuye al reducir la concentración de la fase dispersa y en menor proporción al disminuir la temperatura, ya que la energía cinética de los glóbulos se incrementa al aumentar la temperatura.

### 2. Sedimentación irreversible

#### 2.1 Coalescencia

Cuando dos gotas se fusionan y forman partículas más grandes, la emulsión normalmente tiende a romper. Este efecto empieza con la floculación, pero no desaparece con agitación. Este efecto puede venir influenciado por el contenido de emulsionante, la elección de un mal emulsionante, utilización

de temperaturas erróneas durante el proceso de producción o almacenado... La velocidad de coalescencia depende de:

- La velocidad de floculación previa a la fusión de los glóbulos (por lo tanto, de la concentración de la fase dispersa).
- Las propiedades de la interfase (cargas eléctricas, características líquido cristalino)
- HLB (Balance Hidrofílico-Lipofílico) del emulsionante, composición química y concentración.

### *Fabricación de una emulsión con polvo de neumático*

En el apartado anterior se ha querido enfatizar la importancia del tamaño de partícula de una emulsión en sus propiedades finales, así como la distribución granulométrica de estos tamaños, analíticamente llamado span.

El tamaño de partícula y la distribución de este tamaño se controlan con la formulación, los productos químicos utilizados, y sobre todo con el sistema de fabricación.

En un sistema convencional se utilizan molinos coloidales, de alto poder de cizalla donde se trabaja con un betún a baja viscosidad, 800 – 200 mPa.s a temperaturas de entre 120-140 °C, en régimen de trabajo turbulento, y una temperatura para la fase continua acida de 40-60 °C. Este sistema de fabricación limita la viscosidad final de la emulsión, el tamaño medio y máximo de partícula así como la concentración de betún final en la emulsión.

Los parámetros que van a influir en las características finales de la emulsión son:

#### **Energía de dispersión:**

La dispersión de una emulsión es causa de la energía mecánica y fisicoquímica aplicada. La energía mecánica, proporcionada por el molino divide el ligante en pequeñas partículas, la energía fisicoquímica viene dada por el emulsionante y debe:

- Reducir la tensión interfacial entre la fase hidrocarbonada (betún) y la fase acuosa (agua) para facilitar la emulsificación.
- Crear una película protectora alrededor de las partículas.

En otras palabras, tiene que haber suficiente energía mecánica para proveer las partículas de ligante de un tamaño y concentración correcta, así como suficiente tensioactivo para mantener la estabilidad de la emulsión.

#### **Velocidad de corte:**

Además de las materias primas utilizadas, la formulación, el tamaño y la distribución se controlan con el velocidad de corte.

El objetivo es mejorar la formación y distribución de las partículas de betún. Los tamaños finales que se consiguen dependen directamente del método de fabricación utilizado y se pueden expresar como:

$$\text{Velocidad de corte} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot V}{60 \cdot E}$$

Donde:

r = radio del molino (combinación entre rotor y estator);

V = velocidad de rotación (rad/s);

E = dimensión gap (distancia entre rotor y estator)

Con sistemas convencionales de fabricación, se limita el tamaño medio de partícula para emulsiones fabricadas en 5 – 10 µm, pero tamaños máximos de hasta 50 µm. Con el sistema utilizado se trabaja con betunes a alta viscosidad, superiores a 5.000 mPa.s y temperaturas bajas, alrededor de 100 °C, con muy baja velocidad de agitación. Con este sistema de fabricación, utilizando los mismos productos químicos, y semejante formulación se consiguen emulsiones de alta concentración de betún asfáltico residual, con un tamaño medio 1-2 µm, de muy baja polidispersidad, y gran estabilidad al almacenamiento, que admiten la incorporación de diferentes aditivos, como puede ser el polvo de neumático.

### *Diseño de la emulsión*

Se realizan diferentes formulaciones con concentraciones de betún asfáltico residual que oscilan entre el 55 y el 62 % y concentraciones de caucho entre 1-6 %. Para su emulsificación se emplea un tensioactivo tipo diamina con una concentración entre el 0,4 % - 0,6 %. El caucho seleccionado, además de presentar una buena digestión con el betún, contiene una granulometría muy fina con un tamaño de partículas inferior a 400 µm y una baja densidad de tal manera que su dispersión en el betún ha sido muy efectiva.

Los resultados presentados en esta comunicación corresponden tan solo a la formulación, que por el momento, han presentado mejores resultados.

## Emulsiones modificadas con polvo de neumático fuera de uso. NFU-Emulsiones

### Parte experimental

#### 1. Caracterización física de la NFU-Emulsión mediante los ensayos convencionales

Se realiza una primera caracterización físico-química de la emulsión basada en ensayos empíricos convencionales correspondientes al pliego de prescripciones técnicas. Estos se han comparado con los resultados de una emulsión tipo C60BP4 modificada con polímeros común en el mercado:

Tabla 1. Resumen de la caracterización físico-química inicial de la emulsión.

Características			NFU-emulsión	C60BP4
Ensayo	Norma	Unidad	Valor	
<b>Emulsión original</b>				
Betún asfáltico residual	NLT-139	%	60	59
Tamizado	NLT-142	%	0,30	0,04
Viscosidad Saybolt	NLT-138	s	130	48
Sedimentación	NLT-140	%	2	5

La NFU-emulsión presenta unos valores muy altos de tamizado, puesto que no todo el NFU se digiere en la matriz del betún y se queda retenido en el tamiz de 0.8  $\mu\text{m}$ . Se trata de una emulsión muy viscosa, con valores de 130 s (poco más de 2 minutos) que casi triplican los de una emulsión convencional a mismo contenido de betún asfáltico residual.

Pero un parámetro importante a destacar, es su excelente valor de sedimentación, de tan solo el 2%, lo que significa que la emulsión es muy estable al almacenamiento. Por último destacar que se trata de una emulsión modificada con un residuo de betún asfáltico más duro que su homólogo, por las prestaciones que les confiere el NFU al betún.

Se evalúan también sus propiedades elásticas a través del ensayo de fuerza/ductilidad UNE-EN 13589 por ser una

emulsión modificada y los resultados obtenidos se observan en el siguiente gráfico:



Figura 1. Representación de la Fuerza (N) frente a la deformación (mm) correspondiente al ensayo de Fuerza/ductilidad.

Según la norma UNE-EN 13589: determinación de las propiedades de tracción de betunes modificados por el método de fuerza ductilidad y la norma UNE-EN 13703: Determinación de la energía de deformación se puede llegar a obtener un valor para la cohesión fuerza ductilidad a 5 °C según la fórmula siguiente:

$$E_i = n_i \cdot E_u$$

Donde:

$n_i$  = número de unidades cuadradas.

$$E_u = d_u \cdot F_u$$

$$d_u = \frac{D}{V \cdot t}$$

D = elongación de la probeta

V = velocidad del papel de registro

t = tiempo necesario para realizar el ensayo

Tabla 2. Resumen de las energías de deformación para las diferentes muestras de emulsión.

EDEFORMACION	NFU <sub>EMULSION1</sub>	NFU <sub>EMULSION2</sub>	C60BP4
J/cm <sup>2</sup>	0,406	0,563	≈ 1



Tamaño partícula	T mínimo d(0,1)	T medio d(0,5)	T máximo d(0,9)
μm	1,980	4,004	7,982

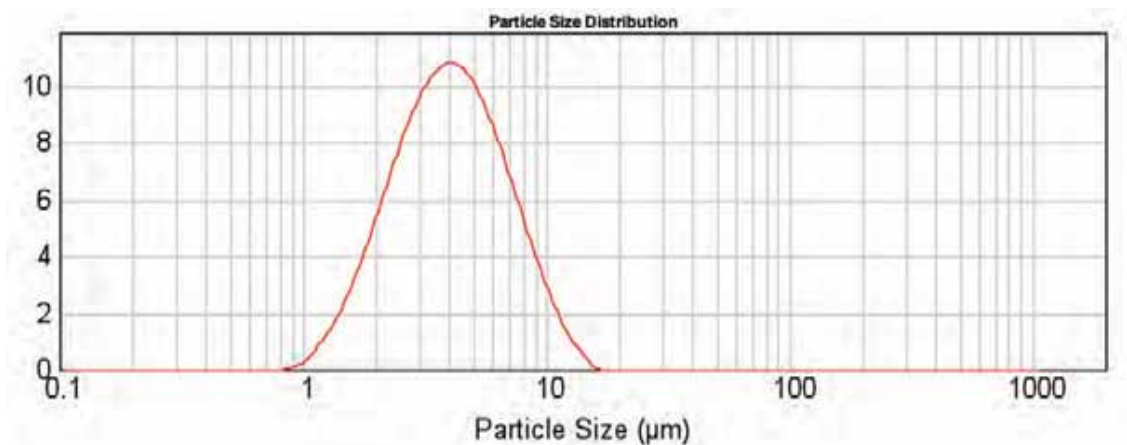


Figura 2: Granulometría de la emulsión modificada con polvo de neumático fuera de uso.

Los valores de energía están por debajo de los exigidos para una emulsión C60BP4 convencional si bien, la cantidad de NFU que contenían estas muestras era inferior a la cantidad de polímero equivalente que contiene una emulsión C60BP4.

## 2. Determinación del tamaño de partícula

Se determina también, el tamaño de partícula de estas emulsiones por ser un parámetro muy importante como ya hemos comentado anteriormente. Para su determinación granulométrica se utiliza la técnica de difracción láser.

Como se puede observar en la siguiente tabla el tamaño medio de partícula de esta emulsión se encuentra en 4 μm, y el tamaño máximo en tan solo 8 μm.

Estos resultados concuerdan con los excelentes valores de sedimentación presentados anteriormente, puesto que según la ley de Stokes, a menor tamaño medio de partícula menor velocidad de sedimentación.

## 3. Estudio de sedimentación

Finalmente, se dedica una especial atención al estudio de sedimentación, por ser una característica difícil de superar en los ligantes que contienen polvo de neumático fuera de uso en su formulación. Para ello se desarrollan dos métodos:

### 3.1. Método convencional a través de la norma NLT-140

En este caso se obtiene, como ya se ha comentado anteriormente, valores del 2% de sedimentación, valor que hace pensar que la fórmula empleada para la fabricación de estas NFU-emulsiones es adecuada y permite obtener una emulsión modificada con polvo de caucho muy estable en el tiempo.

### 3.2. Sedimentación A: Estudio cualitativo y cuantitativo

Para poder analizar la dispersión del polvo de caucho en el seno de la emulsión así como comprobar la tendencia a la sedimentación de la NFU-emulsión, se utilizan dos tubos tipo tubo de "pasta de dientes", empleados para estudiar la estabilidad de los betunes modificados con polímero. En cada uno se introducen 150 ml de emulsión y se dejan durante siete días a temperatura ambiente como si se tratase del ensayo de sedimentación clásico. Transcurrido este periodo de reposo, los dos tubos se introducen en un congelador a una temperatura de -20 °C durante 24 horas. Se corta uno de los dos tubos por la mitad con la finalidad de evaluar visualmente la dispersión del caucho mientras el segundo se corta en tres partes.

Para determinar el grado de homogeneidad del ligante se elimina primero el agua por evaporación a una tempera-

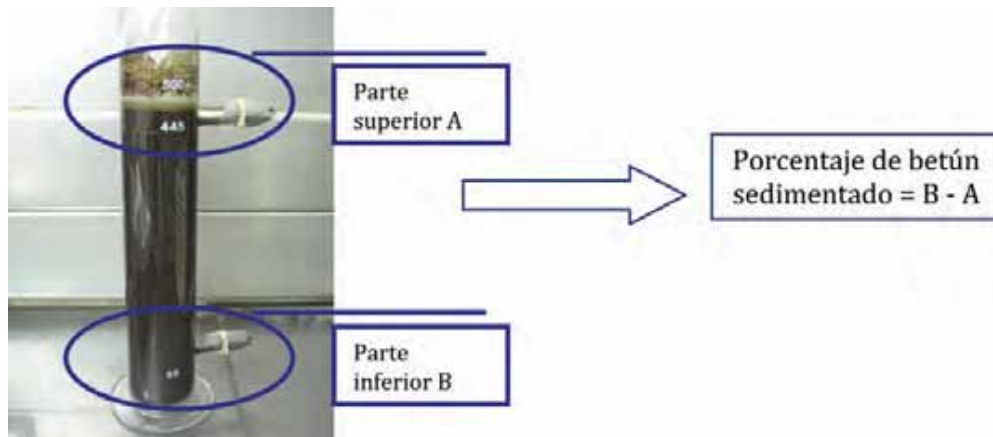


Figura 3: Probeta de sedimentación para emulsiones bituminosas

tura de 50 °C y se controla por pesada la pérdida de agua hasta obtener un peso constante. Una vez completada la evaporación de agua se extrae el caucho con el tetrahidrofurano, con una proporción de 50 ml por 1 g de betún residual, y se determina el porcentaje de NFU en cada una.

Como se ha precisado antes, después de dejar en reposo la emulsión los siete días a temperatura ambiente y puesto a -20 °C, la distribución del caucho se evalúa de dos maneras distintas:

#### 1) Ensayo cualitativo:

Se trata de una inspección visual de la distribución del NFU en el seno del betún.

Para ello se parte el tubo de dientes por la mitad y se observa la distribución del caucho.

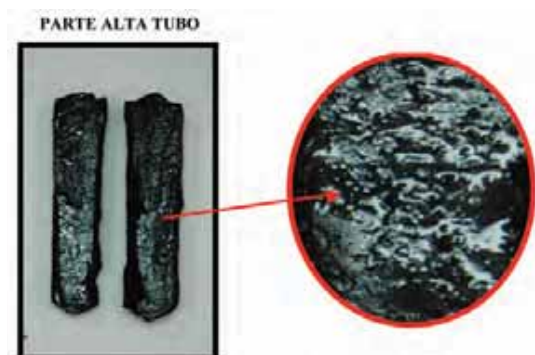


Figura 4: Evaluación visual de la dispersión del caucho en el seno de la emulsión.

#### 2) Ensayo cuantitativo

En este caso, se corta el tubo en tres partes con la finalidad de determinar tras la evaporación completa del agua y una extracción con THF (tetrahidrofurano) la cantidad polvo de neumático fuera de uso en cada una de las partes.



Figura 5: Método de análisis de la dispersión de NFU en la emulsión.

Los porcentajes de caucho obtenidos para cada fracción han sido los siguientes:

Tabla 3: Resumen del % de caucho obtenido con el THF en cada fracción.

	Parte del tubo	% de NFU
Caso	Alta	3,6%
	Intermedia	3,5%
	Baja	4,2%

Como se puede ver, la distribución del NFU es bastante homogénea, los tres valores obtenidos son muy similares y demuestran una perfecta distribución del NFU en el volumen de la emulsión apoyando así la evaluación visual precedente y la excelente estabilidad determinada gracias al ensayo de sedimentación de la NFU-emulsión.

#### 4. Caracterización reológica del ligante residual de la NFU-emulsión

Los betunes son materiales viscoelásticos, es decir, al someterlos a una fuerza, la respuesta del material se traduce en dos componentes: una elástica, donde al retirarse la fuerza se recupera parte de la posición inicial, y otra viscosa, donde la deformación es permanente. Este comportamiento es función de la temperatura y de la carga aplicada. Así, para caracterizar correctamente un betún debemos medir al menos dos de sus propiedades: la resistencia del material a la deformación y su distribución entre sus componentes elástica y viscosa. La forma experimental de medir este comportamiento es a través de ensayos dinámicos de oscilación donde se utiliza un reómetro de corte dinámico (DSR) según el procedimiento descrito en la norma UNE EN 14770 – Determinación del módulo complejo y del ángulo de fase por medio de un reómetro de corte dinámico. Este equipo permite evaluar el comportamiento viscoelástico de los ligantes a través de la medida del módulo complejo  $G^*$ , indicador de la relación entre la carga aplicada y la deformación medida, y del ángulo de fase,  $\delta$ , referencia a la deformación recuperable y no recuperable, para los tres estados críticos del ligante.

Para estudiar el comportamiento del ligante podemos estudiar tres áreas críticas de temperatura e intentar correlacionarlas con las propiedades finales del ligante:

- $T > 100$  °C: Los betunes se comportan como fluidos newtonianos. La medida de la viscosidad es suficiente para evaluar su trabajabilidad. Esta es independiente del tiempo de carga aplicado.
- $45 > T < 85$  °C: Los fallos en el pavimento son causados mayoritariamente por deformaciones plásticas. Es necesario medir  $G^*$  y  $\delta$  para conocer su comportamiento. Cuanto mayor sea  $G^*$ , mayor resistencia a la deformación, por lo tanto menor fallo por deformaciones plásticas; y cuanto menor sea  $\delta$ , mayor comportamiento

elástico del ligante, por tanto menor fallo a deformaciones plásticas. Estos fallos son función de la carga aplicada, por lo tanto, debe considerarse el estudio a tiempos de carga rápidos, que se traducen en medidas realizadas a 10 rad/s, que son equivalentes a velocidades de 75-90 km/h.

- $0 > T < 45$  °C: En este caso, los fallos en el pavimento son causados mayoritariamente por fallos a fatiga causada por la repetición de ciclos de carga. A dichas temperaturas los betunes son más duros y menos elásticos. Nuevamente debemos medir  $G^*$  y  $\delta$ , pues el daño producido será función de cuanta deformación se produce y cuanta de esa deformación es recuperable. Los resultados serán también función del tiempo de carga, por tanto debemos realizar los ensayos a 10 rad/s, es decir 1,59 Hz.

Además de los criterios SUPERPAVE utilizados para evaluar el comportamiento de los diferentes ligantes a las deformaciones plásticas y fatiga, se realiza un barrido de frecuencia de las muestras entre 0,01 y 10 Hz a dos temperaturas de ensayo: 25 °C y 58 °C para estudiar la variación de módulos a cargas lentas y rápidas.

Se analiza el betún residual de la NFU-emulsión y se compara con el ligante residual de una emulsión modificada con polímeros, y como referencia se representan también los resultados de betún modificado con polvo de caucho (BMC-3b), un betún modificado con polímero (BM-3b), que sería el que mayor comportamiento elástico debería presentar.

Todos los ligantes han sido caracterizados en su estado original. Los resultados obtenidos se representan a través del diagrama de Black, variación del módulo complejo,  $G^*$ ; con la variación del ángulo de fase,  $\delta$ , y variación del módulo en función de la frecuencia.

En el diagrama de Black se observan bien dos comportamientos claramente diferenciados: un comportamiento lineal, consecuencia de la escasa contribución elástica, y un comportamiento en forma de S, típico de los ligantes que contienen polímeros, debido a la interacción del comportamiento elástico el polímero y el comportamiento viscoelástico del ligante modificado. En el siguiente gráfico queda representado el comportamiento de estos cuatro ligantes.

Se observa que el ligante que mayor comportamiento elástico presenta, curva en S, es el correspondiente al betún modifica-

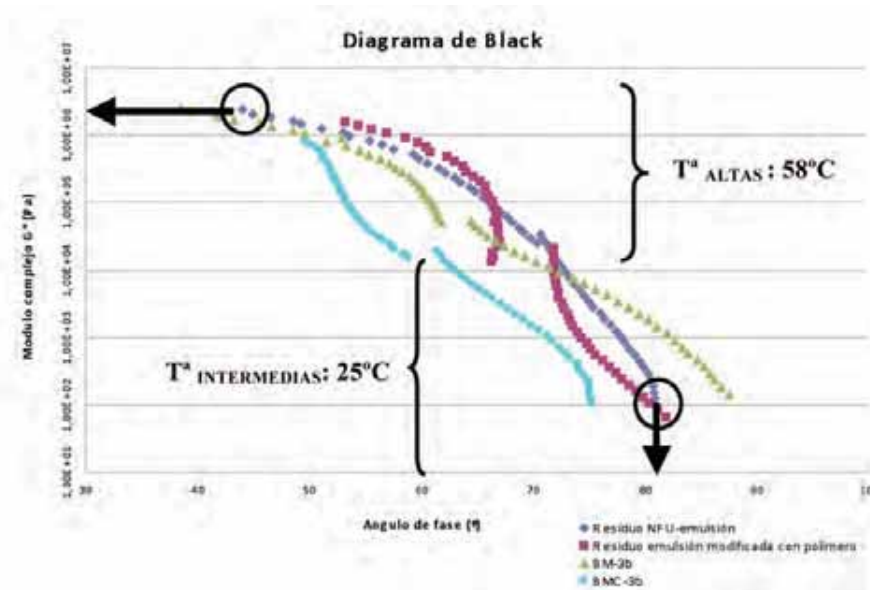


Figura 6: Diagrama de Black de los cuatro ligantes estudiados.

do con polímeros, representado en color verde, seguido del betún modificado con polvo de neumático fuera de uso, color azul, y el residuo de la emulsión modificada con polímeros, color granate. Por último, el ligante con menor comportamiento elástico es el correspondiente al residuo de la emulsión con polvo de neumático, ya que la cantidad de caucho incorporada es todavía muy pequeña para que esta propiedad pueda ser significativa.

También se puede ver claramente la diferencia de comportamiento viscoelástico entre los diferentes ligantes. A altas temperaturas, el ligante que presenta mayores valores de  $G^*$ , es decir mayor resistencia a la deformación, es el correspondiente al betún modificado con polímeros, pero cabe observar que el valor del betún residual de la NFU-emulsión es prácticamente el mismo. Mientras que a temperaturas intermedias, el menor valor de  $\delta$ , comportamiento más elástico, corresponde al betún modificado con caucho, seguido por el residuo de la NFU-emulsión que contendría el mismo valor que el residuo de la emulsión modificada con polímeros.

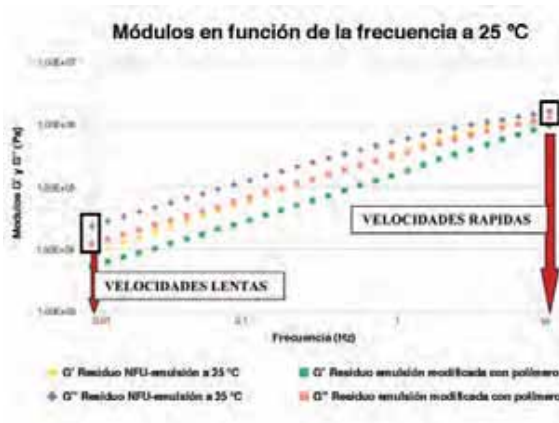


Figura 7: Módulos elásticos y viscosos en función de la frecuencia del residuo de una emulsión modificada con polímero y del residuo de la NFU-emulsión a 25°C.

En el gráfico siguiente se representan los módulos  $G'$  (contribución elástica) y  $G''$  (contribución viscosa) a temperatura intermedia, 25 °C, en todo el rango frecuencia para el residuo de la NFU-emulsión y para el residuo de una emulsión modificada con polímeros. Los dos residuos tienen un comportamiento mayormente viscoso, pues los valores de  $G''$  se encuentran en todo el rango de frecuencias por encima de los valores de  $G'$ . Para cargas lentas, frecuencias de 0,01 Hz, el residuo de la NFU da valores inferiores, es decir, peor comportamiento a fatiga, si bien, para cargas rápidas, frecuencias de 10 Hz, ambos ligantes tienen comportamientos similares.

## Conclusiones

1. Existe una nueva generación de emulsiones modificadas formuladas con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso, estables al almacenamiento.
2. Los ensayos de caracterización físico-química iniciales permiten apreciar las características de este ligante comparables con una emulsión modificada con polímeros común del mercado. Cabe destacar los excelentes valores obtenidos en el ensayo NLT-140 correspondientes al ensayo de sedimentación.
3. El ensayo de fuerza ductilidad UNE-EN 13589 muestra que se trata de una emulsión con un alto valor de cohesión si tenemos en cuenta que la cantidad de caucho que contiene está muy por debajo de la cantidad de polímero utilizado para formular una emulsión modificada.
4. Los resultados del ensayo cualitativo junto con los del ensayo cuantitativo con THF ratifican los excelentes valores obtenidos en el ensayo de sedimentación.
5. Según el diagrama de Black el comportamiento elástico de la NFU-emulsión es muy poco significativo comparado con una posible emulsión homóloga C60BP4, pero la cantidad máxima de caucho que se puede incorporar en estas emulsiones está todavía por determinar y esta propiedad puede variar significativamente. Para temperaturas altas, 58 °C, el valor de  $G^*$  para el residuo de la NFU-emulsión es prácticamente igual al de la emulsión modificada con polímeros. Y para temperaturas intermedias, 25 °C, el valor de  $G^*$  es igual para los dos ligantes anteriormente mencionados.
6. En el barrido de frecuencias, para velocidades lentas, el residuo de la emulsión modificada con polímeros presenta mejores resultados, pero para cargas rápidas los valores de  $G''$  son iguales para los dos ligantes.

Con la puesta a punto de la formulación de la última generación de emulsión modificada con polvo de caucho procedente de los neumáticos fuera de uso, SORIGUÉ consigue unir las ventajas de la utilización de las emulsiones en la construcción de carreteras a las ventajas aportadas por el ligante modificado con caucho con un compromiso medioambiental importante colaborando con este nuevo ligante en su reutilización, revalorización y eliminación de este residuo.

## Referencias

- [1] CEDEX. Mayo 2007. Ministerio de Medio Ambiente: Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas
- [2] Colás Victoria, M<sup>a</sup> Mar, et al. 2008. Reología de los betunes con caucho, VIII Congreso Nacional de firmes.
- [3] Dupon. 2009: Invention et évolution des pneumatiques, [www.moto-histo.com/pneus/pneus.htm](http://www.moto-histo.com/pneus/pneus.htm).
- [4] ISO 13320: Diciembre 2009 Particle size analysis – Laser diffraction methods.
- [5] K. Van Nieuwenhuyze, et al. March 2001. "Understanding the relationship between emulsion properties and binder/emulsifier characteristics." European Research project. Cold Mix Technology. Revue Générale des Routes et des Aérodrômes número 793.
- [6] L. Bonakdar, J. et al. 2001 "Rupturing of bitumen-in-water emulsions: experimental evidence for viscous sintering phenomena." Paper accepted for publication in Colloids and Surfaces, A: Physicochemical and Engineering Aspects 176. P.185-194.
- [7] NLT – 138. 1999. Viscosidad Saybolt de las emulsiones bituminosas,
- [8] NLT – 140 Octubre 2009. Sedimentación de las emulsiones bituminosas, [10] UNE-EN 12847: Determinación de la tendencia a la sedimentación de las emulsiones bituminosas,
- [9] Potti, J. J. Enero-Febrero 2005: Innovaciones en ligantes bituminosos, Revista CARRETERAS, núm. 138,
- [10] Potti, J. J. Septiembre-Octubre 1999. "Emulsiones catiónicas de rotura lenta en carreteras. Primeros resultados del proyecto Europeo Optel". Revista "Carreteras" número 103 páginas 81- 97.
- [11] Samaraz 2008. Chemical Consulting: Reciclaje de neumáticos fuera de uso – Trituración mecánica.
- [12] UNE-EN 1429. Octubre 2009.: Determinación del residuo por tamizado de las emulsiones bituminosas, y determinación de la estabilidad al almacenamiento por tamizado,
- [13] Y. Lendresse, et al. 7 -10 May 1996 "The performance of emulsion-grade bitumens. The use of a new method for characterising their interfacial properties, Euraspalt & Eurobitume Congress, Strasbourg (France), Paper nº 6.038.



# Pigmentos de Alto Rendimiento para Mezclas en Caliente

## Nosbur<sup>®</sup> COLOR+



 <b>-40 %</b> Rendimiento+ <small>Menor dosis s/pigm. Polvo</small>	 <b>&gt;20 %</b> Polímeros+ <small>Ajuste ponderal dosis Ligante</small>	 <b>10 kg</b> Comodidad+ <small>Sacos termofusibles y BB1000kg</small>	 <b>+5 s</b> Productividad+ <small>Min. incremento amasado V/H</small>	 <b>~30° C</b> Trabajabilidad+ <small>Mezclas manejables</small>	 <b>100 %</b> Amigable+ <small>Limpio y Reciclable</small>
---	--	--	--	---	--



Campi y Jové, S.A.

c/ Venezuela, 103 - 08019 BARCELONA - Tel. 34 93 476 92 20 - Fax 34 93 476 92 48 - carreteras@cyjsa.com  
[www.cyjsa.com](http://www.cyjsa.com)

# Estado de la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas. Ensayos Fénix y EBADE

Este artículo propone el empleo de dos ensayos desarrollados por el Laboratorio de Caminos de la Universidad Politécnica de Cataluña, uno estático de tracción (ensayo Fénix) y otro cíclico de tracción-compresión (ensayo EBADE), para evaluar la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas, su variación con la temperatura y su comportamiento a fatiga. El ensayo Fénix se ha mostrado como un método válido para evaluar la resistencia a la fisuración a diferentes temperaturas. Así mismo, permite estimar el comportamiento a fatiga de las mezclas bituminosas.

El procedimiento EBADE de barrido de deformaciones se ha mostrado suficientemente sensible para evaluar el comportamiento a fatiga de mezclas rígidas y mezclas más dúctiles, y ha sido capaz de evaluar la influencia de las tensiones térmicas en la vida a fatiga de la mezcla.

**Palabras clave:** Energía de fractura, ensayo Fénix, barrido de deformaciones, tensiones térmicas, fatiga.

This article presents a new approach to the evaluation of bituminous mixtures cracking resistance, its sensitivity to the test temperature and fatigue behavior. Two tests procedures developed at the Road Research Laboratory from the Technical University of Catalonia are employed to that end, Fenix test and EBADE test. The first is a traction test and the second a cyclic uniaxial tension-compression test. The Fénix test proved to be a fine procedure to evaluate cracking resistance at different temperatures. At the same time it allows to estimate bituminous mixtures fatigue behavior. The EBADE procedure was sensitive enough to characterize the fatigue behavior of soft and stiff mixtures. In addition it was able to evaluate the influence of thermal stress in mixtures fatigue life.

**Key words:** Fracture energy, Fenix test, strain sweep, thermal stress, fatigue

Félix E. Pérez Jiménez [edmundoperez@upc.edu](mailto:edmundoperez@upc.edu)  
Rodrigo Miró Recasens [r.miro@upc.edu](mailto:r.miro@upc.edu)  
Adriana Martínez [adriana.martinez@upc.edu](mailto:adriana.martinez@upc.edu)  
Ramón Botella Nieto [ramon.botella@upc.edu](mailto:ramon.botella@upc.edu)

Universidad Politécnica de Cataluña

Gonzalo A. Valdés Vidal [gvaldes@ufro.cl](mailto:gvaldes@ufro.cl)

Universidad de la Frontera, Temuco, Chile

propiedades especiales que el betún le aporta. El betún es un producto aglomerante que une y cohesiona los materiales granulares que, junto con éste, se utilizan en la fabricación de la mezcla bituminosa. Esta cohesión permite a la mezcla bituminosa resistir los esfuerzos abrasivos del tráfico cuando es colocada en la capa de rodadura del firme. Además, esta cohesión proporciona también a la mezcla su rigidez, estabilidad y resistencia a la fisuración. Estas cualidades hacen que la mezcla bituminosa pueda ser empleada en la construcción de firmes, como una capa resistente, que soporta, sin deformarse ni fisurarse, las solicitaciones del tráfico y que colabora, con las otras capas del firme, en amortiguar los esfuerzos que llegan a la explanada para que puedan ser soportados por ésta.

En principio una mezcla bituminosa es un material dúctil y flexible, sobre todo, si lo comparamos con otros materiales

## 1. Introducción

La mezcla bituminosa es un material cuyo amplio y extenso uso en la construcción de carreteras se debe en gran parte a las

## Estado de la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas

empleados también en la construcción de carreteras, como es el caso de los materiales tratados con cemento. Esta ductilidad y flexibilidad está relacionada con su resistencia a la fisuración, por ello las mezclas bituminosas presentan una mejor respuesta a la fisuración que los materiales tratados con cemento, en particular, a la fisuración térmica. Aunque esta resistencia varía con la temperatura, ya que las mezclas bituminosas pueden convertirse en materiales frágiles a bajas temperaturas, dependiendo del betún empleado.

El problema de fisuraciones térmicas a bajas temperaturas ocurre cuando la mezcla presenta un alto módulo y disminuye su deformación de rotura. Esto puede ocurrir en climas muy fríos o cuando va envejeciendo el betún. Salvo en estas condiciones adversas, las mezclas bituminosas presentan frente a las tensiones térmicas un módulo bajo, lo que hace que la mezcla pueda deformarse sin apenas experimentar tensiones y contrarrestar la retracción térmica. Este bajo módulo está asociado con la respuesta viscoelástica de la mezcla, que hace que se deforme sin apenas presentar resistencia cuando las cargas son aplicadas lentamente, caso de las tensiones térmicas. Además, si la velocidad de aplicación de carga es lenta, también aumenta su ductilidad y deformación de rotura. Todo esto hace que las mezclas bituminosas puedan soportar muy bien las tensiones térmicas. Pero es importante conocer en qué condiciones de temperatura y con que tipo de betunes y formulaciones, las mezclas pierden esta propiedad tan importante.

Los parámetros que gobiernan la resistencia a la fisuración térmica de la mezcla son: su módulo de deformación bajo cargas lentas, que determina su flexibilidad, y la deformación de rotura, también bajo cargas lentas, que caracteriza su ductilidad. Relacionado con estos dos parámetros está la energía de fractura total, que está relacionada con la *J-integral* que determina la velocidad de propagación de fisuras.

El desarrollo de la *J-integral* (Rice 1968, Schapery 1984, Kuai, et al. 2009) supuso un avance muy importante en la aplicación de la teoría de la mecánica de fractura elasto-plástica. Se trata de unas integrales de contorno independientes del camino tomado y coinciden con el ratio de energía liberada en un material elástico no-lineal que contiene una fisura para cada aplicación de carga, ecuación 1. El cálculo de esta energía para un material elástico con una fisura depende del módulo del material y del valor del factor intensidad de tensiones en la punta de la fisura. Este factor relaciona la tensión aplicada al material con la tensión que se concentra en la punta de la fisura.

$$J = G = \frac{K_1^2}{E}, \quad 1$$

donde:

$G$  = energía liberada en cada aplicación de carga.

$$E = \text{módulo en tensión plana} = \frac{E}{1-\nu}$$

en deformación plana,

$K_1$  = factor intensidad de tensiones en modo I.

Bajo ciertas condiciones, la velocidad de propagación de una fisura en un material puede ser representada en función del factor intensidad de tensiones  $K$ . Si el material es elástico lineal el estado tensional en la punta de la fisura queda completamente definido por este factor en este punto. Esta relación puede ser expresada mediante la ley de Paris (Hertzberg 1996):

$$\frac{d\alpha}{dN} = C \cdot (\Delta K)^m, \quad 2$$

donde:

$$\Delta K = K_{\max} - K_{\min}$$

$K_{\max}$ ,  $K_{\min}$  = valor máximo y mínimo del factor intensidad de tensiones a lo largo de un ciclo,

$\alpha$  = longitud de la fisura,

$N$  = número de ciclos de carga,

$C$  y  $m$  = coeficientes de la regresión.

Para materiales viscoelásticos, en lugar de emplear el factor intensidad de tensiones en la ecuación 2, se puede emplear el incremento de la *J-integral* que proporciona un método más adecuado en estos casos:

$$\frac{d\alpha}{dN} = A \cdot (\Delta J)^n, \quad 3$$

donde:

$\Delta J$  = diferencia entre los valores máximo y mínimo de la *J-integral* en cada ciclo,



A y  $n$  son los coeficientes de la regresión.

De esta forma, obteniendo las *J-integrales* y registrando la longitud de fisura a diferente número de ciclos se puede obtener la regresión que relaciona el incremento de la *J-integral* con la velocidad de propagación de fisuras en el material.

Respecto a la fisuración por cargas repetidas, los ensayos de fatiga ponen de manifiesto que existe un *endurance limit*, una deformación máxima, por debajo de la cual no se produce fisuración por fatiga. Este *endurance limit* está asociado también con el módulo de rigidez de la mezcla con la que se hace el ensayo. Para ese módulo y condiciones de sollicitación existe también una deformación en que rápidamente se produce la fisuración de las mezclas. Cuanto más alejada se encuentre la mezcla de ese nivel de deformación en el firme, mayor será el número de aplicaciones de carga que podrá resistir la mezcla hasta su fisuración por fatiga. De nuevo resulta interesante conocer los niveles de deformación a que tiene lugar la fisuración de la mezcla, pero en este caso se trata de analizar el comportamiento de la mezcla bajo velocidades de aplicación de carga rápida, como es el caso del tráfico.

Es por este motivo que el Laboratorio de Caminos de la UPC, ha desarrollado dos ensayos: Fénix y Ebade, que permiten valorar todas estas propiedades de la mezcla relacionadas con su fisuración. El primero es un ensayo monotónico de tracción a velocidad de deformación constante y el otro es un ensayo cíclico de barrido de deformaciones. Ambos ensayos

permiten evaluar y caracterizar el comportamiento de las mezclas respecto a su fallo por fatiga o por fisuración térmica.

En este artículo se presenta la aplicación del ensayo Fénix para analizar el efecto de la temperatura y de la penetración del betún en la respuesta dúctil o frágil de las mezclas bituminosas. También se recoge su aplicación para evaluar la resistencia a fisuración por fatiga de las mezclas bituminosas, dada la buena correlación que se ha obtenido entre los parámetros del ensayo Fénix y del ensayo de fatiga (Valdés Vidal, et al. 2010).

El ensayo EBADE ha sido aplicado para analizar también el efecto de la temperatura en la respuesta a la fisuración bajo cargas cíclicas de mezclas fabricadas con betunes de diferente penetración, determinando la variación del módulo y deformación de rotura de estas mezclas, así como la de la energía disipada con la temperatura. También se analiza la superposición de las tensiones térmicas y de las cargas cíclicas en el fallo por fatiga (Pérez Jiménez, et al. 2011).

## 2. Ensayo Fénix

El ensayo Fénix es un ensayo de fisuración a tensión, en el que los bordes de una ranura rectangular creada en la probeta se ven sometidos a un desplazamiento a velocidad constante, lo que produce la apertura y propagación de una fisura hasta la fractura de la probeta (modo I de fractura) (Anglada, et al. 2002, Pérez, et al. 2010, Pérez-Jiménez, et al. 2009, Valdés, Pérez-Jiménez et al. 2009), Figura 1.

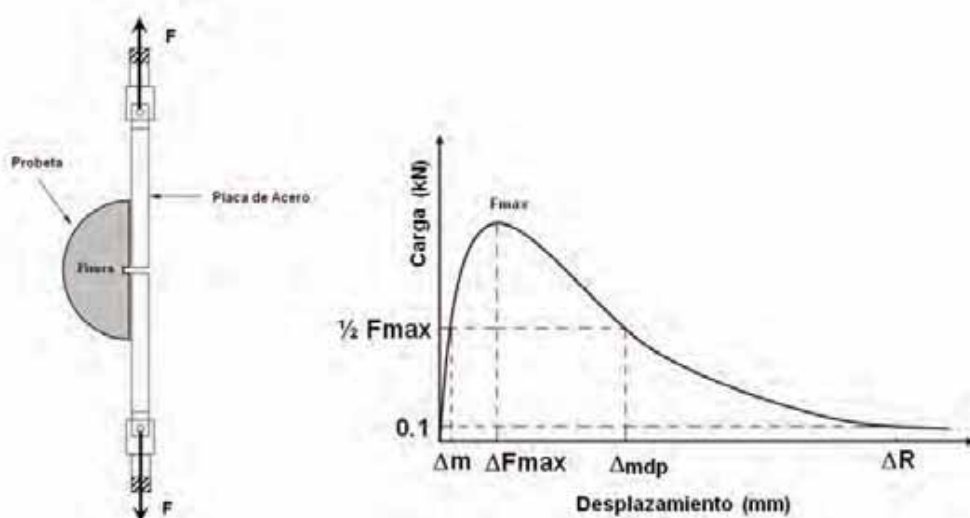


Figura 1. Esquema ensayo Fénix y curva carga desplazamiento resultante.

## Estado de la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas

Para ello, se parte de cada una de las mitades de una probeta o testigo cilíndrico que ha sido serrada por la mitad y se realiza, sobre su superficie plana, en la dirección del eje de la probeta, una ranura de 3 mm de anchura y 5 mm de profundidad. La superficie plana de la probeta de ensayo se pega mediante una resina epoxi a dos placas de acero que se colocan a ambos lados de la ranura. Estas dos placas son fijadas mediante dos pernos a la prensa lo que permite aplicar en los bordes de la ranura unos esfuerzos de tracción, Figura 1, que ocasiona su fractura. Los pernos de sujeción permiten el giro de la placa, por lo que ésta sólo transmite esfuerzos de tensión en los bordes de la ranura. El ensayo se realiza a una velocidad constante de deformación del émbolo de la prensa de 1 mm/min y en él se mide la carga aplicada durante el proceso de rotura en relación con el desplazamiento del émbolo de la prensa.

A partir de la curva carga-desplazamiento se han determinado una serie de parámetros que permiten evaluar la resistencia a la fisuración de las mezclas y analizar el efecto de la temperatura en su comportamiento. Estos parámetros hacen relación a:

### Rigidez de la mezcla

Se ha determinado un índice de rigidez a tracción (IRT) que relaciona el incremento de carga con el incremento de deformación en la zona inicial de carga. Se trata de un módulo secante que está relacionado con la rigidez del material ensayado:

$$IRT = \frac{\Delta F}{\Delta d} \left( \frac{KN}{mm} \right), 4$$

donde:

$\Delta F$ : incremento de fuerza (diferencia entre el 50% y el 15% de la carga máxima, en el ramal de subida) en KN.

$\Delta d$ : diferencia entre los desplazamientos para estos dos escalones de carga en mm.

### Ductilidad de la mezcla

Con objeto de caracterizar la ductilidad de la mezcla, se ha medido su deformación de rotura, habiendo sido considerados dos parámetros:

$\Delta F_{\text{máx}}$ : el desplazamiento correspondiente a la carga máxima, en mm.

$\Delta m_{\text{dp}}$ : el desplazamiento en la zona de rotura correspondiente al 50% de la carga máxima, en mm.

Cuanto más elevados sean estos parámetros menor será la fragilidad de la mezcla.

### Energía de fractura e Índice de tenacidad

En la rotura de la probeta se ha realizado un trabajo, que ha sido denominado energía de fractura y que corresponde con la integral de la curva fuerza-desplazamiento:

$$G_F = \frac{1}{S} \int_0^{\Delta R} F \cdot du, 5$$

donde:

$G_F$ : energía disipada en el proceso de fractura, en  $J/m^2$ .

$u$ : desplazamiento, en mm.

$\Delta R$ : desplazamiento al final de la rotura, correspondiente a  $F = 0,1$  KN.

$F$ : fuerza correspondiente a cada desplazamiento.

$S$ : Superficie de fractura, en  $mm^2$ .

En el caso de las mezclas bituminosas es importante distinguir entre la energía requerida hasta alcanzar la carga máxima de rotura y la energía disipada en el proceso posterior hasta la total rotura del material. Por tratarse de un material dúctil y tenaz, la carga no cae bruscamente al llegar al máximo, sino que se mantiene o va descendiendo más lentamente durante el proceso de rotura. Este tipo de rotura puede darse con más claridad en mezclas fabricadas con un alto contenido de betún o cuando se usan betunes modificados con elastómeros. Con objetivo de poder valorar este comportamiento de mezcla se ha determinado la energía disipada en la zona post-pico, ponderando esta energía por la deformación (desplazamiento) que experimentaba la mezcla durante su rotura, índice de tenacidad. Se ha ponderado la energía post-pico por la deformación en la rotura para resaltar la diferencia de comportamiento entre las mezclas que han obtenido una elevada energía post-pico pero en las cuales la carga cae bruscamente y presentan una rotura frágil, frente a las que muestran una rotura más dúctil y la carga se mantiene durante el proceso de rotura con una mayor deformación. Para la misma energía de rotura tras pico, tendría una respuesta más dúctil aquella mezcla que hubiese experimentado una mayor deformación.

$$IT = GD - G_{F_{\text{máx}}} \cdot (\Delta m_{\text{dp}} - \Delta F_{\text{máx}}), 6$$

donde:

IT: índice de tenacidad, en J/m

$G_{F_{\max}}$ : energía disipada hasta  $\Delta F_{\max}$

### 2.1. Aplicaciones del ensayo Fénix en la evaluación del efecto de la temperatura sobre la fragilidad de las mezclas

El ensayo Fénix ha sido aplicado para conocer el efecto de la temperatura en la resistencia a la fisuración de cuatro mezclas bituminosas. Se trata de cuatro mezclas bituminosas de granulometría tipo semidensa S-20, de acuerdo con la nor-

mativa española, Tabla 1, fabricadas con tres tipos de betunes convencionales de diferente penetración: B13/22, B40/50, B60/20 y un betún modificado con polímeros tipo BM3C, Tabla 2.

Todas las mezclas han sido fabricadas con el mismo porcentaje de betún, 4,3% de peso de betún sobre áridos y los ensayos han sido realizados a 20, 5 y -10°C.

Los resultados del ensayo Fénix para cada uno de estos betunes han sido recogidos en las siguientes figuras (Figura 2, Figura 3, Figura 4 y Figura 5) junto los parámetros Fénix de cada uno de los ensayos.

Tabla 1. Granulometría empleadas en la mezcla S-20.

Tamiz (mm)	25	20	12.5	8	4	2	0.5	0.25	0.125	0.063
Pasa (%)	100	87.5	71.5	58	42.5	31	16	11	7.5	5

Tabla 2. Características de los ligantes.

Características del ligante	Unidad	Norma española (NLT)	B-13/22	B-40/50	B-60/70	BM-3c
Penetración (25 °C; 100 g; 5s)	0.1 mm	124	17	43	64	58
Índice de penetración		181	0.1	-0.2	-0.2	2.8
Punto de reblandecimiento anillo y bola	°C	125	67.3	55.9	51.7	67.4
Punto de fragilidad Fraass	°C	182	-5	-12	-17	-20
Ductilidad a 25 °C	cm	126	15	>100	>100	-
Viscosidad dinámica 60 °C	(Pa.s)	-	4551	651	367	-
Viscosidad dinámica 135 °C	(Pa.s)	-	1.92	0.72	0.56	2.37
Residuo RTFOT						
Pérdida de masa	%	186	0.35	0.4	0.5	0.6
Penetración (25 °C; 100 g; 5s)	% p.o.	124	10	23	32	40
Incremento en el punto de reblandecimiento	°C	-	7.5	9.5	9.6	3.7
Ductilidad a 25 °C	cm	126	7	18	50	-

## Estado de la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas

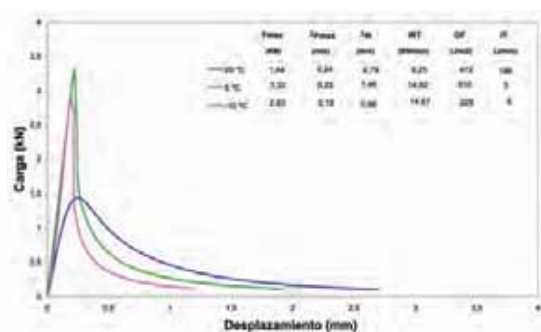


Figura 2. Curva carga-desplazamiento ensayo Fénix mezcla S20, betún B13/22.

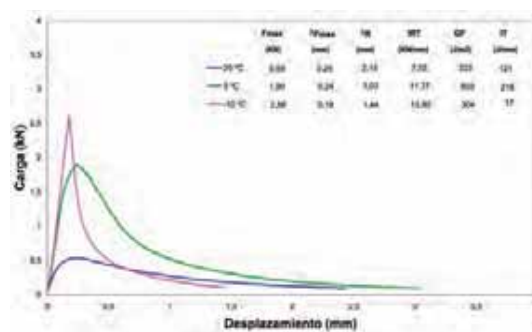


Figura 4. Curva carga-desplazamiento ensayo Fénix mezcla S20, betún B60/70.

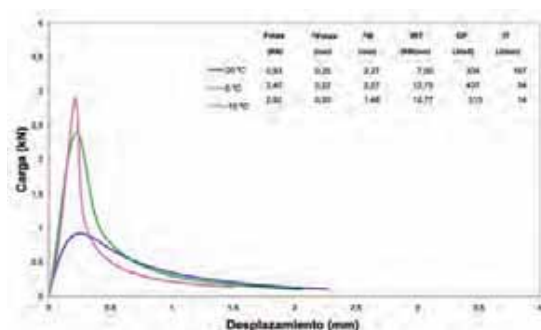


Figura 3. Curva carga-desplazamiento ensayo Fénix mezcla S20, betún B40/50.

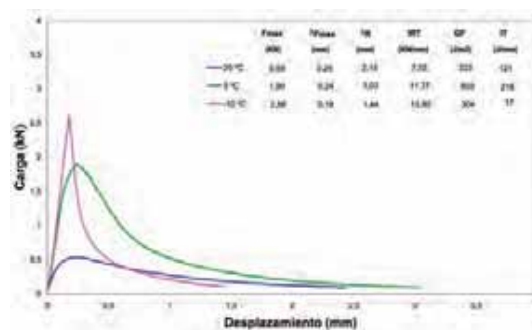


Figura 5. Curva carga-desplazamiento ensayo Fénix mezcla S20, betún BM-3c.

Estos resultados muestran claramente el efecto de la temperatura en la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas, así como la variación de su comportamiento por efecto de la penetración del betún.

Del análisis de estas gráficas se deducen los siguientes resultados:

- Todas las mezclas ensayadas presentan un comportamiento frágil a -10°C. Las curvas obtenidas son similares para las cuatro mezclas, presentando una deformación de rotura  $\Delta F_{m\acute{a}x}$  muy baja y un elevado Índice de Resistencia a Tracción, módulo secante.
- La diferencia en el comportamiento de estas mezclas se aprecia más cuando el ensayo se realiza a 5 y 20°C.
- A 5°C, las mezclas fabricadas con los betunes más duros, B40/50 y B13/22 - en especial con éste último -, continúan presentando un comportamiento frágil. La respuesta de la mezcla con el betún más

duro es prácticamente igual a -10 que a 5°C. Sin embargo, las mezclas fabricadas con los betunes blandos ya no presentan este comportamiento frágil, sino que al contrario, presentan una mayor deformación para la carga máxima de rotura, y es a esta temperatura cuando mayor carga de rotura y energía de fractura muestran. A esta temperatura, los betunes blandos presentan una energía de fractura muy superior a la de los betunes duros.

- A 20°C, los cuatro tipos de betunes presentan un comportamiento muy diferente. Los betunes duros son los que presentan una mayor energía de fractura, sobre todo el B13/22. Los betunes blandos presentan una menor energía, pero ha aumentado notablemente su deformación de rotura y su tenacidad.

Este efecto de la temperatura sobre el comportamiento de mezclas fabricadas con betunes de diferente penetración puede ser apreciada con mayor claridad en la Figura 6, don-

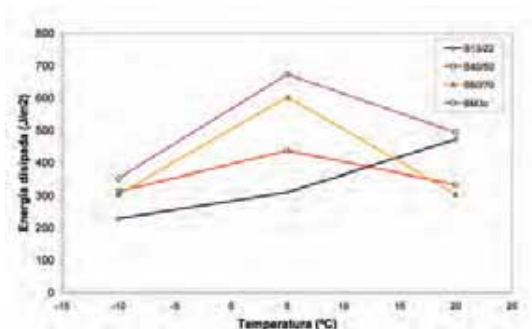


Figura 6. Energía disipada en el proceso de fisuración de mezclas con diferentes ligantes y a diferentes temperaturas de ensayo.

de se ha representado la variación de la energía de fractura con la temperatura. A  $-10^{\circ}\text{C}$ , es cuando las mezclas presentan una menor energía y presentan una tendencia a converger todas en un mismo valor. La energía de fractura va aumentando con la temperatura hasta alcanzar un máximo en los betunes más blandos. El betún B13/22, probablemente

presente este máximo a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  o ligeramente mayor.

Lo que es importante remarcar es que a  $5^{\circ}\text{C}$  los betunes duros continúan mostrando una respuesta frágil. Esto puede ser importante cuando se vayan a usar estos betunes para fabricar mezclas de alto módulo. En estos casos debería aumentarse el contenido de betún por encima del 5-6% con objeto de mejorar la ductilidad de la mezcla y evitar un comportamiento frágil.

## 2.2. Relación entre los resultados del ensayo Fénix y los ensayos de fatiga

Se han determinado las leyes de fatiga de una serie de mezclas bituminosas con la intención de analizar la posible correlación con el ensayo Fénix. Las mezclas estudiadas han sido G-20, S-20, con betunes 13/22 y 60/70, y S20 y S-12 con 60 y 40% de material bituminoso reciclado (RAP). La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en esta etapa y en las figuras 6, 7 y 8 se presentan las correlaciones encontradas en-

Tabla 3. Parámetros Fénix y leyes de fatiga de mezclas con diferentes ligantes y a diferentes temperaturas de ensayo.

Mezclas	Temperatura (°C)	Ensayo Fénix			Ensayo de Fatiga a Flexotrac. en 3 Ptos	
		Índice de Rig. a Tracción $I_{RT}$ (kN/mm)	Energía Disipada $G_D$ (J/m²)	Desplazamiento al 50% Carga Máx. $\Delta_{mdp}$ (mm)	Módulo dinámico MD (MPa)	Ley de Fatiga
G 20 B-60/70	20	3,61	284	1,75	2.410	$\epsilon = 0,0041 N^{-0.2124}$
	5	9,22	838	0,84	9.293	$\epsilon = 0,0013 N^{-0.1694}$
S 20 B-60/70	20	3,56	323	1,66	3.229	$\epsilon = 0,0035 N^{-0.2061}$
	5	10,09	1093	0,94	13.520	$\epsilon = 0,0011 N^{-0.1662}$
G 20 B-13/22	20	7,59	713	0,97	8.750	$\epsilon = 0,0012 N^{-0.1731}$
	5	13,85	429	0,33	18.623	$\epsilon = 0,0007 N^{-0.1383}$
S 20 B-13/22	20	9,47	833	0,93	11.556	$\epsilon = 0,0011 N^{-0.1638}$
	5	14,72	474	0,31	23.848	$\epsilon = 0,0006 N^{-0.1277}$
S20 R60	20	9,74	398	0,56	11.212	$\epsilon = 0,0008 N^{-0.1458}$
S12 R40	20	8,05	520	0,84	9.671	$\epsilon = 0,0011 N^{-0.1751}$

## Estado de la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas

tre los parámetros Fénix (IRT, GF y  $\Delta_{mdp}$ ) y los parámetros de las leyes de fatiga ( $\epsilon = \alpha \cdot N^{-b}$ ) obtenidos en cada una de las mezclas ensayadas.

La Figura 7 muestra la correlación entre los resultados del índice de rigidez, IRT, obtenidos del ensayo Fénix y del módulo dinámico, MD, obtenidos del ensayo de fatiga a flexotracción. Se observa la correspondencia que hay entre ambos parámetros, confirmando que a menor penetración del ligante y menor temperatura de ensayo, mayor módulo y mayor índice rigidez.

Los coeficientes de la ley de fatiga también han sido correlacionados con parámetros del ensayo Fénix.

En la Figura 8 se puede ver la relación entre el parámetro "a" de la ley de fatiga (deformación en el ciclo 1 del ensayo a fatiga) y el desplazamiento cuando la carga alcanza la mitad del valor máximo en la zona post pico,  $\Delta_{mdp}$ . Se deduce de esta figura que a mayor desplazamiento obtenido del ensayo Fénix, mayor deformación en la ley de fatiga, como lo muestran las mezclas con betunes de mayor penetra-

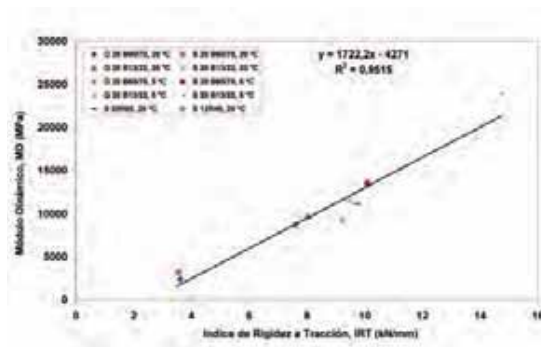


Figura 7. Correlación entre Módulo Dinámico del ensayo de fatiga y el parámetro índice de rigidez a tracción del ensayo Fénix.

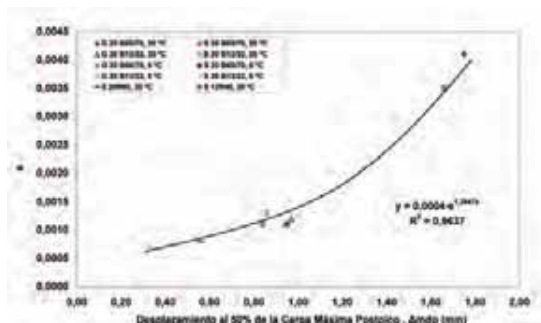


Figura 8. Correlación entre parámetro "a" de la ley de fatiga y el parámetro desplazamiento al 50% de la carga máxima post-pico del ensayo Fénix.

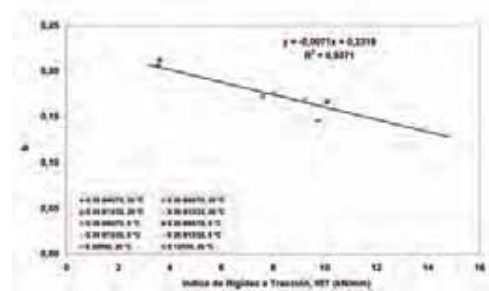


Figura 9. Correlación entre parámetro "b" de la ley de fatiga y el parámetro índice de rigidez a tracción del ensayo Fénix.

ción y ensayadas a mayor temperatura en el ensayo Fénix.

Finalmente, en la Figura 9 se presentan las correlaciones entre el índice de rigidez, IRT, y la pendiente "b" de la ley de fatiga. En este caso se puede comprobar que las mezclas con mayor rigidez en el ensayo Fénix presentan menor pendiente en la ley de fatiga, como es el caso de las mezclas con betunes más duros ensayadas a bajas temperaturas en el ensayo Fénix.

De este modo, a partir de los parámetros obtenidos del ensayo Fénix y mediante las correlaciones encontradas, es posible estimar la ley de fatiga de la mezcla bituminosa.

### 3. Ensayo EBADE

El ensayo EBADE consiste en un ensayo cíclico de tracción-compresión a deformación controlada a una frecuencia de 10 Hz. Durante el ensayo se va aumentando el nivel de deformaciones impuesto con lo que se consigue caracterizar el comportamiento de las mezclas bituminosas bajo cargas cíclicas de diferentes amplitudes. Cada nivel de deformación es mantenido durante un número constante de ciclos, normalmente 5.000, lo que permite analizar el proceso de deterioro de la mezcla bituminosa a distintos niveles de deformación hasta llegar a su rotura, Figura 10.

Durante el ensayo se determinan los siguientes parámetros de la mezcla:

Tensión:

$$\sigma = \frac{F}{S}, 7$$

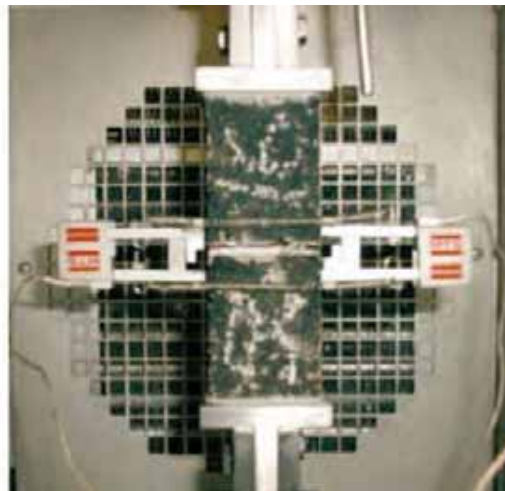
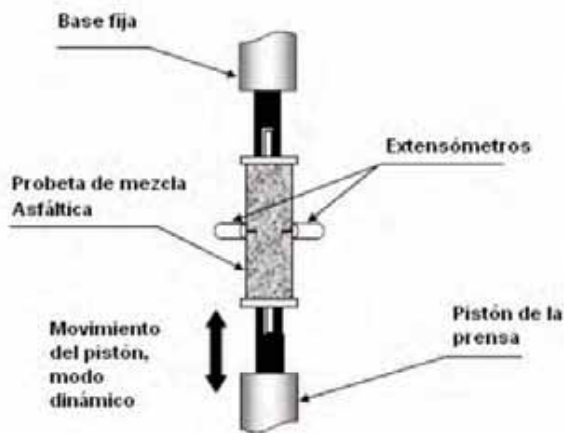


Figura 10. Montaje de nuevo procedimiento EABDE.

donde  $F$  es la fuerza registrada y  $S$  la superficie de fractura.

**Módulo complejo:**

$$E^* = \frac{\sigma_{\max}}{\epsilon_{\max}} \quad , 8$$

donde  $\sigma_{\max}$  es la semiamplitud de la tensión registrada en un ciclo y  $\epsilon_{\max}$  es la semiamplitud de la deformación impuesta.

**Densidad de energía disipada:**

Una de las características fundamentales de los materiales viscoelásticos es que se produce un retraso entre la señal impuesta, en nuestro caso la deformación, y la señal registrada.

A consecuencia de este fenómeno, cuando se representan los valores de tensión frente a los de deformación pertenecientes a un ensayo cíclico, se obtiene un ciclo de histéresis de forma elíptica. El área de esta elipse es una medida de lo que el material se aparta del comportamiento elástico ideal.

La Figura 11 muestra el área delimitada por la elipse obtenida en el plano tensión-deformación y la representación

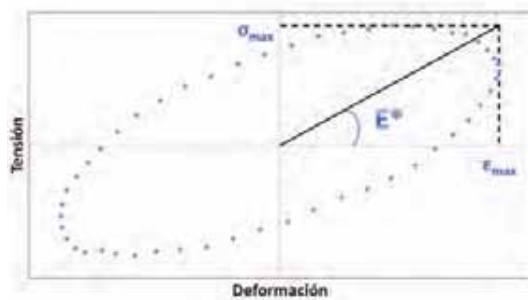


Figura 11. Ciclo de histéresis obtenido en un ensayo cíclico para un material viscoelástico (ref bahía).

gráfica del módulo complejo. El área de esta elipse es directamente proporcional a la energía disipada por el material en el proceso. Para el cálculo de este parámetro se emplea la ecuación 9.

donde  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $S$  la superficie de fractura y  $\sigma_i$  y  $\epsilon_i$  los  $n$  valores de la tensión y la deformación obtenidos a lo largo de un ciclo.

Estos parámetros son representados en función del número de ciclos lo que permite estimar la evolución del módulo de la mezcla y de la energía disipada con la amplitud de

$$ED = \frac{g}{2} \cdot \frac{1}{S} \left[ (\sigma_1 \epsilon_2 + \sigma_2 \epsilon_3 + \dots + \sigma_{n-1} \epsilon_n + \sigma_n \epsilon_1) - (\sigma_2 \epsilon_1 + \sigma_3 \epsilon_2 + \dots + \sigma_n \epsilon_{n-1} + \sigma_1 \epsilon_n) \right] \quad , 9$$

## Estado de la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas

deformación, ya que por la configuración del ensayo el número de ciclos está ligado a la deformación impuesta, 5.000 ciclos por escalón de deformación incrementándose ésta linealmente escalón a escalón.

Este ensayo muestra cómo influye la temperatura en el comportamiento mecánico de las mezclas bituminosas, mostrando una respuesta frágil y elástica a bajas temperaturas, y dúctil y tenaz para altas temperaturas. El ensayo EBADE puede también ser aplicado para considerar el efecto conjunto de las tensiones térmicas y los ciclos de fatiga y valorar su efecto, sobre todo, a bajas temperaturas.

### 3.1. Aplicación del ensayo EBADE en la evaluación del efecto de la temperatura sobre la energía de fractura.

El ensayo EBADE fue aplicado para comparar el efecto de la temperatura sobre el comportamiento bajo cargas cíclicas de mezclas bituminosas de diferente rigidez. Se analizó la respuesta de dos mezclas tipo S-12, fabricada una de ellas con un betún duro B-13/22, para conseguir un módulo elevado a medias y bajas temperaturas, y otra fabricada con un betún convencional B-60/70. Mediante la aplicación del ensayo EBADE a 20 y 5°C se ha analizado la variación del módulo de rigidez de la mezcla con la temperatura y, también, con la deformación impuesta, determinando para cada una de las mezclas y para cada temperatura su deformación de fallo. Los resultados de estos ensayos se recogen en las siguientes figuras (Figura 13, Figura 12, Figura 15 y Figura 14).

La mezcla fabricada con el ligante más duro, B-13/22, ensayada a 5°C ha mostrado una rigidez muy elevada y ha

llegado al fallo sin desviarse del comportamiento viscoelástico lineal, es decir, su módulo complejo se ha mantenido constante durante todo el proceso hasta que se ha producido el fallo de una manera brusca. Los reducidos valores obtenidos para la densidad de energía disipada indican que el ángulo de desfase entre deformación y tensión es reducido y, por lo tanto el comportamiento del material se encuentra cerca del comportamiento elástico lineal. Por su parte, la mezcla ensayada a 20°C, aunque también ha presentado un comportamiento marcadamente rígido, ha experimentado una ligera pérdida de módulo antes de romper, así como unos valores de la densidad de energía disipada en el tercer escalón de deformación de más del doble de los registrados por las probetas ensayadas a 5°C. Estas probetas han soportado un escalón más de deformación que las ensayadas a 5°C, Figura 13 y Figura 12.

La mezcla fabricada con el ligante B-60/70 ha mostrado un comportamiento totalmente diferente, Figura 15 y Figura 14. Los módulos complejos registrados han sido muy inferiores a igual temperatura de ensayo y se ha observado un comportamiento más dúctil. A 5°C la mezcla no se ha desviado del rango viscoelástico lineal hasta el tercer escalón, a partir del cual, se ha observado una ligera pérdida de módulo. A medida que ha progresado el ensayo, esta pérdida ha ido aumentando hasta producirse el fallo final de una forma relativamente frágil.

A la temperatura de 20°C la mezcla ha presentado una respuesta más dúctil. Su rotura tiene lugar a una deformación más elevada y la pérdida del módulo de la mezcla se va produciendo de forma continua, sin que en ningún momento haya una caída brusca.

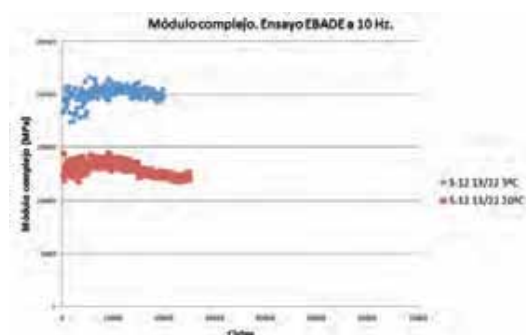


Figura 12. Módulo complejo para las mezclas fabricadas con el ligante B-13/22.

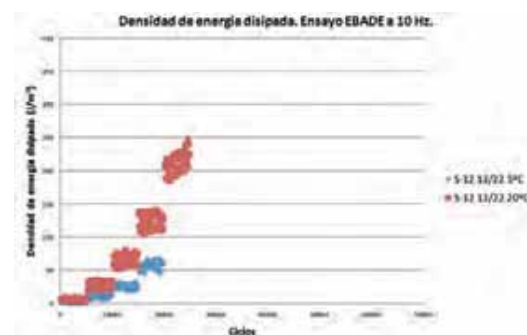


Figura 13. Densidad de energía disipada para las mezclas fabricadas con el ligante B-13/22.



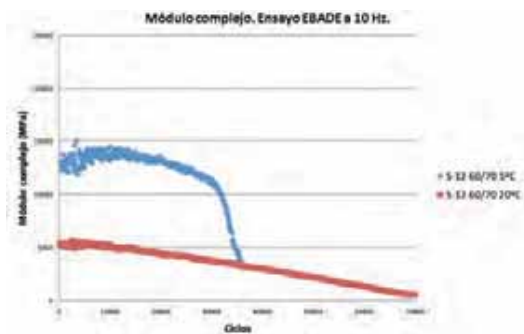


Figura 14. Módulo complejo para las mezclas fabricadas con el ligante B-60/70.

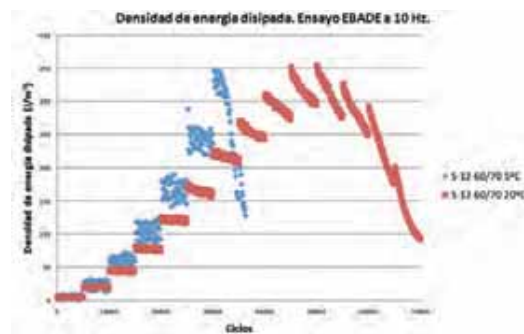


Figura 15. Densidad de energía disipada para las mezclas fabricadas con el ligante B-60/70.

Respecto a la energía disipada por esta mezcla a 5 y 20°C, se observa que es mucho mayor a 20°C, aunque el módulo a esta temperatura y la resistencia de la mezcla a rotura sea menor. La mezcla resulta más tenaz, se disipa más energía durante su proceso de fallo, cuando presenta menor resistencia y una mayor deformabilidad que en el caso de un comportamiento más rígido y resistente.

Los resultados de este ensayo indican que habría que tener más en cuenta la energía disipada y el comportamiento dúctil de las mezclas en el diseño de éstas, así como en el análisis estructural de los firmes flexibles, ya que se trata de un factor que afecta a la velocidad de propagación de fisuras en las capas del firme. Por otra parte, las gráficas de densidad muestran que para deformaciones muy bajas la energía disipada se mantiene constante. Es decir, no se observa ningún deterioro del material. Este nivel de deformaciones podría estar asociado con el endurance limit de la mezcla. Este ensayo muestra claramente para cada una de las mezclas ensayadas los niveles de deformación en los que se produce el rápido fallo de la mezcla. Este nivel de deformación de rotura aumenta con la temperatura y la penetración del betún.

### 3.2. Efecto de las tensiones térmicas en la resistencia a fatiga

El ensayo EBADE permite también evaluar el estado de tensiones térmicas producido en una probeta de mezcla bituminosa cuando se mantienen las mordazas que la sujetan fijas y se baja la temperatura de la cámara. Se puede iniciar el ensayo cíclico cuando la probeta está sometida a tensiones térmicas y así superponer éstas con las tensiones originadas por

cargas cíclicas de amplitud variable. Mediante este procedimiento se ha analizado también el efecto de la temperatura y las cargas cíclicas en el comportamiento de mezclas deformables y tenaces, fabricadas con un betún B 60/70 y de mezclas rígidas y frágiles en las que se ha usado, igual que en los estudios anteriores, betunes duros B 13/22.

Las tensiones registradas en las distintas mezclas evaluadas como consecuencia de la variación de temperaturas entre 20 y 5 °C, pueden observarse en la Figura 16. En esta figura se han representado las tensiones registradas para cada mezcla fabricada con los ligantes de diferente penetración, para un periodo de 12 horas, cuando las probetas son confinadas en la prensa, sin posibilidad de deformación, mientras baja la temperatura. Se observa un fuerte incremento inicial de tensiones en la primera hora, registrándose para la mezcla fabricada con el ligante duro de penetración 13/22, una tensión máxima superior a cuatro veces la registrada por la mezcla fabricada con el ligante más blando, de penetración 60/70. A su vez, se observa en ambas curvas, que existe una disipación de tensiones posterior al periodo inicial en que se registraron los valores máximos, presentando al cabo de las 12 horas una tensión del orden de 1/3 del valor máximo registrado en ambas mezclas.

Los resultados obtenidos de la aplicación del procedimiento EBADE a las mezclas evaluadas, sometidas a un estado tensional previo de origen térmico, producto de la variación de la temperatura de 20 a 5 °C, pueden observarse en la Figura 17. En esta figura se aprecia que las tensiones registradas en la primera hora, al igual que en la Figura 16, alcanzan sus valores máximos al final de dicho periodo. Si en este momento se empieza a aplicar el procedimiento EBADE, ambas tensiones se superponen y el proceso de rotura es más rápido

## Estado de la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas

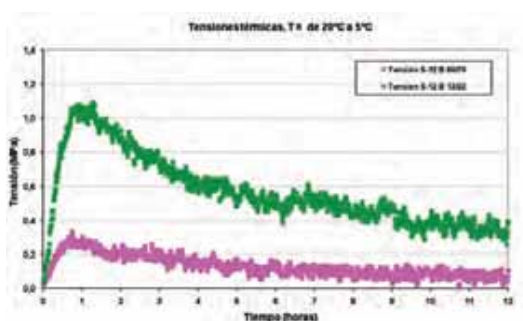


Figura 16. Tensiones térmicas registradas en un periodo de 12 horas, mezcla AC, B60/70 y B13/22.

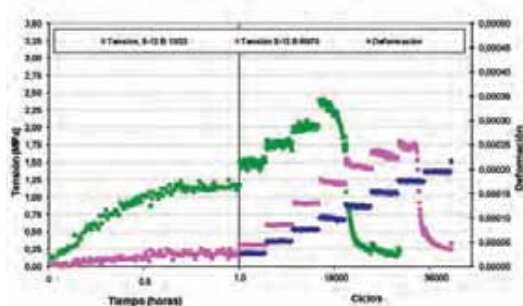


Figura 17. Tensiones térmicas registradas en un periodo de 1 hora, T° de 20 a 5°, posterior aplicación procedimiento de fatiga EBADE, mezcla AC 16 S, B60/70 y B13/22.

en el caso de la mezcla fabricada con el betún más duro. Sin embargo, para la mezcla confeccionada con el ligante de mayor penetración, B 60/70, las tensiones térmicas inducidas en el periodo evaluado, no afectaron significativamente ni a su nivel de deformación de rotura, ni al número de ciclos de hasta el fallo, poniendo de manifiesto la mayor flexibilidad y mejor comportamiento de la mezcla fabricada con el ligante de menor viscosidad. En este caso, las tensiones térmicas son bastante más pequeñas que para el ligante duro, lo que indica el bajo efecto de los cambios de temperatura en la mezcla, en los rangos evaluados de 20 a 5°C.

### 4. Conclusiones

El ensayo Fénix y EBADE son dos ensayos experimentales que permiten poner de manifiesto la resistencia a la fisuración de las mezclas y como varía su comportamiento por efecto de la temperatura. Ambos ensayos permiten diferenciar la respuesta frágil y dúctil de una mezcla bituminosa y cómo este

comportamiento viene afectado por la penetración del betún empleado y la temperatura de ensayo. Ambos ensayos pueden ser aplicados para obtener la energía de fractura de las mezclas bituminosas y, también, a partir de las correlaciones obtenidas, estimar la resistencia a fatiga y a la fisuración de las mezclas bituminosas.

De los resultados presentados a lo largo de este trabajo se derivan las siguientes conclusiones:

- Existe una buena correlación entre los parámetros obtenidos del ensayo Fénix y los parámetros que definen las leyes de fatiga, obtenidas por el procedimiento de ensayo de fatiga a flexotracción en tres puntos, por lo tanto, este ensayo puede caracterizar de una manera más fácil y rápida la respuesta de una mezcla al fallo por fatiga.
- El ensayo Fénix proporciona información de la energía disipada en el proceso de fractura,  $G_D$ , y la tenacidad de las mezclas,  $I_T$ , parámetros que pueden discriminar una mezcla de otra, junto con su módulo de rigidez, teniendo claro que presentan un mejor comportamiento aquellas con mayor energía disipada para similitud de módulos.
- El procedimiento EBADE de barrido de deformaciones se ha mostrado suficientemente sensible para evaluar el comportamiento a fatiga de mezclas rígidas y mezclas más dúctiles. A su vez, este procedimiento permite evaluar el comportamiento a fatiga de las mezclas bituminosas frente al efecto combinado de las cargas del tráfico y las condiciones ambientales (gradientes térmicos).

### 5. Agradecimientos

La realización del Proyecto Fénix ([www.proyectofenix.es](http://www.proyectofenix.es)) ha sido posible gracias a la contribución financiera del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) dentro del marco del programa Ingenio 2010 y, más concretamente, a través del Programa CENIT. Las empresas y centros de investigación que participan en el Proyecto desean mostrar su gratitud por dicha contribución.

Los autores quieren agradecer a todas las organizaciones y empresas participantes del Proyecto Fénix: Centro de Investigación Elpidio Sánchez Marcos (CIESM), Centro Zaragoza, Construcciones y Obras Llorente (Collosa), Ditec-pesa, Asfaltos y Construcciones Elsan, Intrame, Pavasal,

Repsol YPF, Sacyr, Serviá Cantó, Sorigué, CARTIF, CEDEX, CIDAUT, CSIC (IIQAB), GIASA, Intromac, Labein, Universidad de Alcalá de Henares, Universidad Carlos III de Madrid, Universidad de Castilla La Mancha, Universidad de Huelva, Universidad de Cantabria, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Politécnica de Madrid, y a sus numerosos colaboradores cuya capacidad de trabajo y eficacia están permitiendo el desarrollo de este Proyecto en un ambiente de cooperación.

## 6. Referencias

1. Anglada, M. J., J. Alcalá, L. M. Llana, A. M. Mateo, y M. N. Salán 2002. *Fractura de materiales*. Barcelona: Edicions UPC.
2. Hertzberg, R. W. 1996. *Deformation and fracture mechanics of engineering materials*. John Wiley & Sons, Inc.
3. Kuai, H. D., H. J. Lee, G. S. Zi, y S. H. Mun 2009. *Application of generalized J integral to crack propagation modeling of asphalt concrete under repeated loading*. Transportation Research Board 88th Annual Meeting. Washington, D.C.
4. Pérez Jiménez, F., G. Valdés, R. Miró, R. Botella, y J. M. Campana 2011. *Effect of thermal stresses on fatigue behavior of bituminous mixtures*. Transport Research Board 90th Annual Meeting. Washington, D.C.
5. Pérez, F. E., G. Valdés, R. Miró, A. Martínez, y R. Botella 2010. *Fénix Test: Development of a New Test Procedure for Evaluating Cracking Resistance in Bituminous Mixtures*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board vol. 2181: 36-43.
6. Pérez-Jiménez, F. E., R. Botella, y G. Valdés 2009. *Experimental study on resistance to cracking of bituminous mixtures using the Fénix Test*. 7th Int. RILEM Symposium on Advanced Testing and Characterization of Bituminous Materials, Rhodes, Greece.
7. Rice, J. R. 1968. *A Path Independent Integral and the Approximate Analysis of Strain Concentration by Notches and Cracks*. Journal of Applied Mechanics vol. 35: 379-386.
8. Schapery, R.A. 1984 *Correspondence principles and a generalized J integral for large deformation and fracture analysis of viscoelastic media*. International Journal of Fracture vol. 25 - 3: 195-223.
9. Valdés Vidal, G. A., R. Botella Nieto, F. E. Pérez Jiménez, y R. Miró Recasens 2010. *Aplicación del ensayo Fénix para dosificar mezclas resistentes al fallo por fatiga*. V Jornada Nacional ASEFMA. Madrid, España.
10. Valdés, G., F. E. Pérez-Jiménez, y R. Botella 2009. *Ensayo Fénix, una Nueva Metodología para Medir la Resistencia a la Fisuración en Mezclas Asfálticas*. Revista de la Construcción vol. 8- 1: 114-125.



# NUEVOS COMPACTADORES DE ASFALTO

MODELOS TANDEM HD+  
DE 9 A 15 TONS Y NEUMÁTICOS GRW 280  
La nueva referencia del mercado



Nuevo diseño

Nuevas cabinas

Excelente Visión panorámica

Nuevo diseño del puesto de mandos

Nuevos motores



DIRECCIÓN COMERCIAL / TÉCNICA

Crta. de la Marañoso Km. 0,8 • A-4 Salida Km. 20 • 28320 Pinto (MADRID)  
tel. 91 307 81 33 - fax 91 357 47 62 - [www.emsa-machinery.net](http://www.emsa-machinery.net)



El camino más firme

# Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

En esta sección se listarán, con periodicidad trimestral, la actualización de la legislación y otras disposiciones así como las normas UNE EN y los proyectos de normas, que se vayan publicando para diferentes materiales y comportamiento relacionados con las mezclas bituminosas. En esta primera entrega, en la sección de Normativa se recoge el listado de normas publicadas en el año 2010, así como los proyectos de normas revisados a fecha de abril de 2011.

## Sección Normativa

NORMAS DE ÁRIDOS		
Norma	Título	Anula
UNE-EN 933-9:2010	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno	UNE-EN 933-9:1999
UNE-EN 933-10:2010	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 10: Evaluación de los finos. Granulometría de los fillers (tamizado en corriente de aire)	UNE-EN 933-10: 2001
UNE-EN 933-11:2009/AC:2010	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 11: Ensayo de clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados	
UNE-EN 1097-2:2010	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación	UNE-EN 1097-2/1999/A1:2007
UNE-EN 1097-8:2010	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado	UNE-EN 1097-8:2000
UNE-EN 13924:2006/1M:2010	Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de los betunes duros para pavimentación	
Proyecto norma	Título	
PNE-prEN 932-5	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 5: Equipo común y calibración	
PNE-prEN 933-8	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena	
PNE-EN 1097-1	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (Microdeval)	
PNE-pr EN 1097-6	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua	

NORMAS DE LIGANTES BITUMINOSOS		
Norma	Título	Anula
UNE-EN 13924:2006/1M:2010	Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de los betunes duros para pavimentación	
UNE-EN 15322:2010	Betunes y ligantes bituminosos. Estructura de la especificación de los ligantes bituminosos fluidificados y fluxados	
UNE-EN 13632:2010	Betunes y ligantes bituminosos. Visualización de la dispersión de polímero en betunes modificados con polímeros	UNE-EN 13632:2004
UNE-EN 13399:2010	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la estabilidad al almacenamiento de los betunes modificados	UNE-EN 13399:2004
UNE-EN 13301:2010	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la tendencia a exudación del betún	UNE-EN 13301:2003
UNE-EN 13302: 2010	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica de los ligantes bituminosos usando un viscosímetro de rotación de aguja	UNE-EN 13302: 2003
UNE-EN 13702:2010	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica del betún modificado por el método del cono y la placa	UNE-EN 13702:2004
UNE-EN 13358:2010	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las características de destilación de los betunes fluidificados y fluxados fabricados con fundentes de origen mineral	UNE-EN 13358:2004
UNE-EN 13587:2010	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de los ligantes bituminosos por el método del ensayo de tracción	UNE-EN 13587:2004

### NORMAS DE LIGANTES BITUMINOSOS (CONTINUACIÓN)

Norma	Título	Anula
UNE-EN 13632:2010	Betunes y ligantes bituminosos. Visualización de la dispersión de polímero en betunes modificados con polímeros	
Proyecto norma	Título	
PNE-EN 13074-1	Betunes y ligantes bituminosos. Recuperación del ligante de las emulsiones bituminosas o de los ligantes bituminosos fluidificados o fluxados. Parte 1: Recuperación por evaporación	
PNE-EN 13074-2	Betunes y ligantes bituminosos. Recuperación del ligante de las emulsiones bituminosas o de los ligantes bituminosos fluidificados o fluxados. Parte 2: Estabilización después de recuperación por evaporación	
PNE-EN 13614	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de las emulsiones bituminosas por inmersión en agua	
PNE-EN 12846-1	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 1: Emulsiones bituminosas	
PNE-EN 12846-2	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 2: Betunes fluidificados	
PNE-prEN 58	Betunes y ligantes bituminosos. Toma de muestras de ligantes bituminosos	

### NORMAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Norma	Título	Anula
UNE-EN 12697-5:2010	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima	UNE-EN 12697-5:2003+A1:2007
Proyecto norma	Título	
PNE-EN 12697-44	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo par mezclas bituminosas en caliente. Parte 44: Propagación de fisuras por el ensayo de adherencia semicircular	
PNE-prEN 12697-45	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 45: Ensayo de módulo de tracción después de saturación condicionada	
PNE-prEN 12697-46	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 46: Fisuración a baja temperatura y propiedades mediante ensayos de tracción uniaxial	
PNE-EN 12697-47	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 47: Determinación del contenido de cenizas de los betunes naturales	

### NORMAS DE CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

Norma	Título	Anula
UNE-EN 13036-1:2010	Características superficiales de carreteras y aeropuertos. Métodos de ensayo. Parte 1: Medición de la profundidad de la macrotextura superficial del pavimento mediante el método volumétrico	UNE-EN 13036-1:2002
Proyecto norma	Título	
PNE-CEN/TS 13036-2	Características superficiales de carreteras y aeropuertos. Métodos de ensayo. Parte 2: Evaluación de la adherencia de la superficie de la carretera mediante sistema de medida dinámicos	
PNE-prEN 13036-4	Método para medir la resistencia al deslizamiento/derrape de una superficie. Parte 4: Ensayo del péndulo	

### COMENTARIOS A LAS NORMAS

En este apartado se incluirán todos aquellos comentarios sobre las normas que puedan afectar a su empleo

Norma	Comentario
UNE-EN 12697-5:2010	Esta norma, publicada recientemente, presenta como modificación la incorporación de una ecuación de segundo grado para calcular la densidad del agua a diferentes temperaturas, sustituyendo la tabla de densidades-temperatura. La ecuación incluida tiene una errata, ya que al realizar los cálculos no coinciden con los valores establecidos para la densidad. Este hecho ha sido comunicado al Comité de Normalización Europeo para su revisión.

## Legislación y otras disposiciones

**MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA**

ORDEN FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos de Ministerio de Fomento.

**LEY DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos.

Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero. BOE de 25 de marzo de 2010.

**REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015.

**SEGURIDAD VIAL**

Real Decreto 345/2011, de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado.

**REACH**

El Reglamento CE 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento CEE 793/93 y el Reglamento CE 1488/94, así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión, se publicó en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) L-396 de 30 de diciembre de 2006. En el DOUE L-136 de 25 de mayo de 2007 se publicó una corrección de datos, que en la práctica sustituye el texto anterior. Este Reglamento modifica o deroga varias disposiciones legales, concretamente:

- Modifica la Directiva 1999/45/CE, suprimiendo el artículo 14.
- Deroga a partir del 1-6-2007 las directivas 91/155/CEE, 93/112/CE y 2001/58/CE.
- Deroga a partir del 1-6-2008 las directivas 93/105/CEE y 2000/21/CE, y el Reglamento CEE 793/1993, rectificación del Reglamento CEE 793/1993 y el Reglamento CE 1488/1994.
- Deroga a partir del 1-8-2008 la Directiva 93/67/CEE.
- Deroga a partir del 1-6-2009 la Directiva 76/769/CEE y sus numerosas modificaciones posteriores.

**INNOVACIÓN**

Orden CIN/699/2011 de 23 de marzo, por la que se aprueba la convocatoria del año 2011, para la concesión de las ayudas correspondientes al subprograma Innacto, dentro de la línea instrumental de Articulación e Internalización del Sistema, en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008 – 2011.

**CONTRATACIÓN**

Ley 34/2010, de 5 de agosto, de modificación de las Leyes 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público, 31/2007, de 30 de octubre, sobre procedimientos de contratación en los sectores del agua, la energía, los transportes y los servicios postales, y 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa para adaptación a la normativa comunitaria de las dos primeras (BOE de 9 de agosto de 2010).

**COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Reglamento (UE) N°305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo (Diario Oficial de la Unión Europea de 4 de abril de 2011).

El Reglamento entrará en vigor a los veinte días de su publicación en el Diario Oficial de la Unión Europea. No obstante, los artículos 3 a 28, los artículos 36 a 38, los artículos 56 a 63 y los artículos 65 y 66, así como los anexos I, II, III y V, serán aplicables a partir del 1 de julio de 2013.



# No sólo nuestros productos van un paso por delante...

Una excelente calidad define a nuestros productos bituminosos. Pero ¿sabe que además puede contar con nuestro apoyo y amplia experiencia ?.

Estamos orgullosos de aportar valor añadido a nuestros productos por la vía de la innovación tecnológica.

Ello nos permite mejorar sus rendimientos así como los estándares del sector.

Su consecuencia es la probada relación de confianza con nuestros clientes.

Avance con nosotros. Vamos por delante.



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



AÑO 2011		
<b>2-3 junio</b> TRB	<b>5th International Conference on Bituminous Mixtures and Pavements</b> Rcunard@NAS.edu	<b>Thessalonika (Grecia)</b> <a href="http://iconfbmp.civil.auth.gr">http://iconfbmp.civil.auth.gr</a>
<b>11-13 julio</b> Western Research Inst.	<b>48th Petersen Asphalt Conference &amp; P3 Symposium</b> ssalmans@uwo.edu	<b>Laramie - Wyoming (EEUU)</b> <a href="http://www.petersenasphaltconference.org">www.petersenasphaltconference.org</a>
<b>24-27 julio</b> TRB	<b>10th International Conference on Low-Volumen Roads</b> gjayaprakash@nas.edu	<b>Orlando - Florida (EEUU)</b> <a href="http://www.trb.org">www.trb.org</a>
<b>25-30 julio</b> Pontif. Univ. Javeriana	<b>Curso Intemacional de Introducción al Uso de la Nueva Guía de Diseño de Pavimentos Empírico-Mecánica AASHTO-MEPDG</b> fredy.reyes@javeriana.edu.co	<b>Bogotá (Colombia)</b> <a href="http://www.javeriana.edu.co">www.javeriana.edu.co</a>
<b>11-14 septiembre</b> SABITA	<b>10th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa</b>	<b>KwaZulu-Natal (Sudáfrica)</b> <a href="http://www.capsa-events.co.za">www.capsa-events.co.za</a>
<b>26-30 septiembre</b> AIPCR-PIARC	<b>XXIV Congreso Mundial de Carreteras - AIPCR</b> info@atc-piarc.com	<b>México (México)</b> <a href="http://www.aipcrmexico2011">www.aipcrmexico2011</a>
<b>29-30 septiembre</b> EMAA	<b>EMAA Conference</b> info@mastic-asphalt.eu	<b>Amsterdam (Holanda)</b> <a href="http://www.mastic-asphalt.eu">www.mastic-asphalt.eu</a>
<b>9-12 octubre</b> AAPA Hallmark Editions	<b>14th AAPA International Fixible Pavements Conference 2011: Sustainable Roads</b> denise.mcqueen@halledit.com.au	<b>Sidney (Australia)</b> <a href="http://www.halledit.com.au/pavements2011">www.halledit.com.au/pavements2011</a>
<b>11-13 octubre</b> FHWA - NAPA	<b>2nd International Warm Mixes Conference</b> matthew.corrigan@fhwa.dot.gov	<b>St. Louis - Missouri (EEUU)</b> <a href="http://www.hotmix.org/warmmix">www.hotmix.org/warmmix</a>
<b>13-14 octubre</b> APC	<b>XIII Congreso Nacional del Asfalto</b> apccomitedelasfalto@speedy.com.pe	<b>Lima (Perú)</b> <a href="http://www.hotmix.org/warmmix">www.hotmix.org/warmmix</a>
<b>20-25 noviembre</b> IBP - AEC	<b>XVI Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto</b> aec@aecarretera.com	<b>Rio de Janeiro (Brasil)</b> <a href="http://www.aecarretera.com">www.aecarretera.com</a>
<b>15-19 noviembre</b> Univ. Católica de Chile	<b>8th Conference on Managing Pavement Assets (ICMPA8)</b> icmpa2011@uc.cl	<b>Santiago (Chile)</b> <a href="http://www.icmpa2011.cl">www.icmpa2011.cl</a>

AÑO 2012		
<b>22-26 enero</b> TRB	<b>91st TRB Annual Meeting</b> TRBMeetings@NAS.edu	<b>Washington, D.C. (EEUU)</b> <a href="http://www.trb.org">www.trb.org</a>
<b>13-15 marzo</b> AEM - NAPA	<b>World of Asphalt 2012</b> info@worldofasphalt.com	<b>Charlotte - North Carolina (EEUU)</b> <a href="http://www.worldofasphalt.com">www.worldofasphalt.com</a>
<b>1-4 abril</b> AAPT	<b>87th AAPT Annual Meeting</b> aaptinfo@gmail.com	<b>Austin- Texas (EEUU)</b> <a href="http://www.asphalttechnology.org">www.asphalttechnology.org</a>
<b>16-21 abril</b> Intermat Paris	<b>Intermat</b>	<b>Paris Nord Villepinte (Francia)</b> <a href="http://www.intermat.fr">www.intermat.fr</a>
<b>23-25 mayo</b> ISAP	<b>International Symposium on Heavy Duty Pavements and Bridge Deck Pavements</b> info@ISAP2012.net	<b>Nanjing (China)</b> <a href="http://www.jstri.com/ISAP2012/">www.jstri.com/ISAP2012/</a>
<b>13-15 junio</b> Eurobitume	<b>5th Eurasphalt &amp; Eurobitume Congress</b> info@eapa.org / info@eurobitume.eu	<b>Estambul (Turquía)</b> EAPA - <a href="http://www.eecongress.org">www.eecongress.org</a>
<b>septiembre</b> TRB	<b>International Symposium on Pavement Surface Characteristics of Roads and Airports (SURF)</b> TRBMeetings@NAS.edu	<b>Norfolk - Virginia (EEUU)</b> <a href="http://www.trb.org">www.trb.org</a>

## Publicaciones de Asefma

### Libro de las Jornadas de Asefma (Precio: 30 € + IVA cada libro)

- ♦ I Jornada Nacional de Asefma, junio de 2005
- ♦ II Jornada Nacional de Asefma, noviembre de 2006
- ♦ III Jornada Nacional de Asefma, enero de 2008
- ♦ IV Jornada Nacional de Asefma, marzo de 2009
- ♦ V Jornada Nacional de Asefma, mayo de 2010

### Otras publicaciones (Precio: 20 € + IVA cada libro)

- ♦ Jornada sobre Mezclas bituminosas, 11 de febrero de 2009
- ♦ Jornada sobre Lechadas bituminosas y microaglomerados en frío, 29 de octubre de 2009

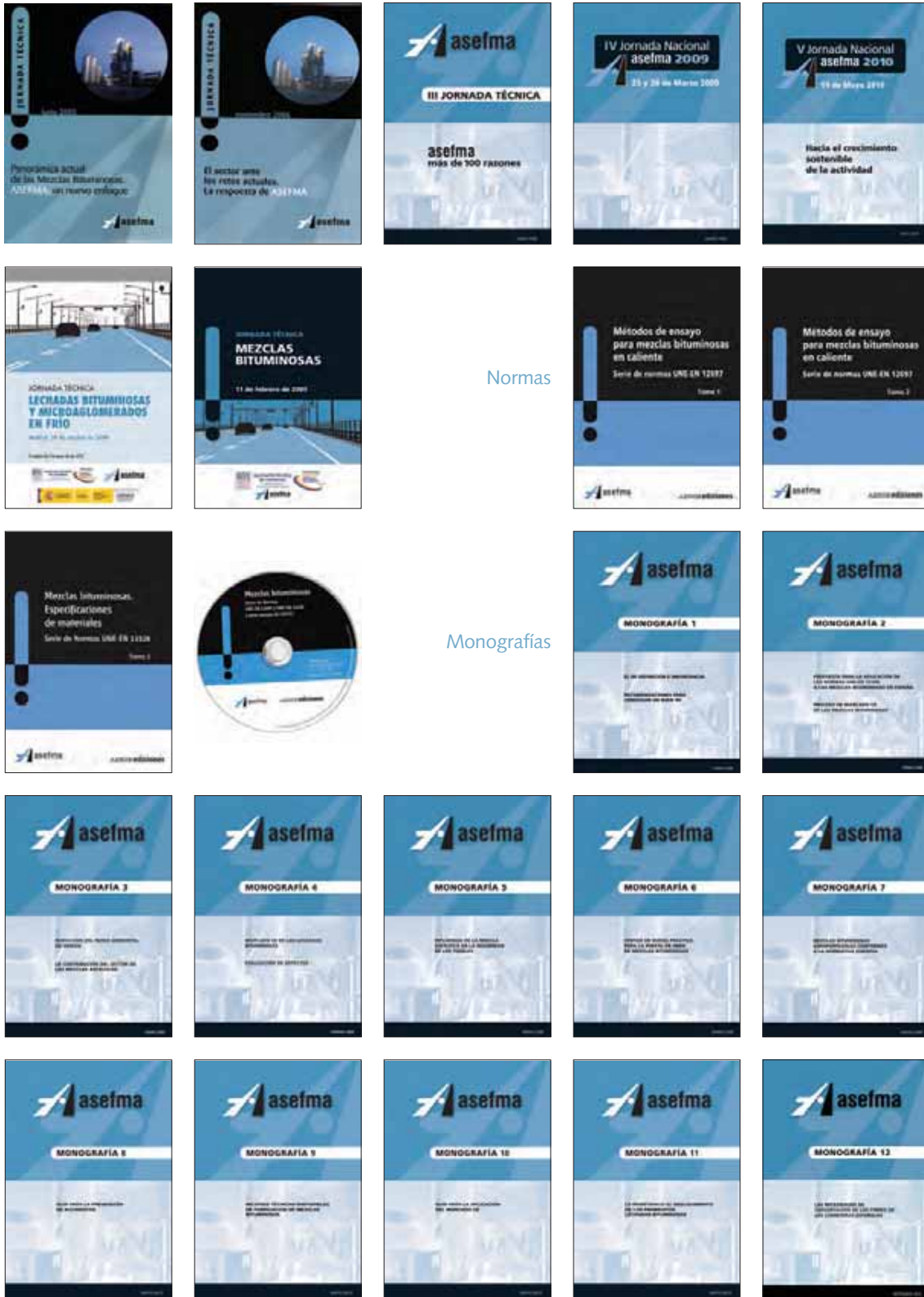
### Normas (Precio: 450 € para no socios / 225 € para socios)

- ♦ Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente (Serie de normas UNE-EN 12697), Tomo I, 2006
- ♦ Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente (Serie de Normas UNE-EN 12697), Tomo II, 2007
- ♦ Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales (Serie de normas UNE-EN 13108), Tomo III, 2007
- ♦ CD Mezclas bituminosas (Serie de normas UNE-EN 12697 y UNE-EN 13108 y otras normas de interés), 2008

### Monografías (Precio: 20 € + IVA cada una)

- ♦ **Monografía nº 1.** El IRI definición e importancia. Recomendaciones para conseguir un buen IRI, enero de 2008
- ♦ **Monografía nº 2.** Propuesta para la aplicación de las normas UNE-EN 13108 a las Mezclas Bituminosas en España. Proceso de Marcado CE de las Mezclas Bituminosas, enero de 2008
- ♦ **Monografía nº 3.** Reducción del ruido ambiental en origen. La contribución del sector de las Mezclas Asfálticas, enero de 2009
- ♦ **Monografía nº 4.** Marcado CE de las Lechadas Bituminosas. Evaluación de defectos, febrero de 2009
- ♦ **Monografía nº 5.** Influencia de la Mezcla Asfáltica en la seguridad de los túneles, marzo de 2009
- ♦ **Monografía nº 6.** Código de buena práctica para la puesta en obra de Mezclas Bituminosas, marzo de 2009
- ♦ **Monografía nº 7.** Mezclas Bituminosas aeroportuarias conformes a la normativa europea, marzo de 2009
- ♦ **Monografía nº 8.** Guía para la prevención de accidentes, mayo de 2010
- ♦ **Monografía nº 9.** Mejores técnicas disponibles de fabricación de mezclas bituminosas, mayo de 2010
- ♦ **Monografía nº 10.** Guía para la aplicación del Marcado CE, mayo de 2010
- ♦ **Monografía nº 11.** La resistencia al deslizamiento de los pavimentos, mayo de 2010
- ♦ **Monografía nº 12.** Las necesidades de conservación de los firmes de las carreteras españolas, septiembre de 2010

Libros de las Jornadas y otras publicaciones



Normas

Monografías

# Nuevas mezclas SMA

Durables y sostenibles



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



Fibras diseñadas  
por la naturaleza

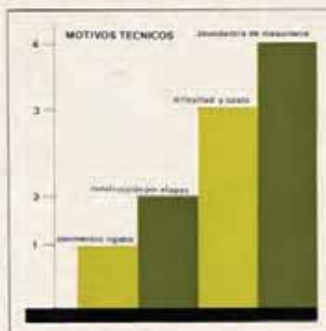
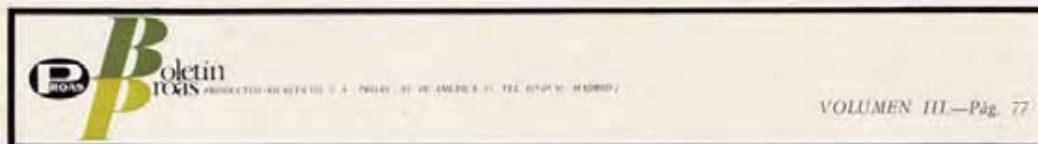
Una compañía del grupo JRS

C/ Venezuela, 103, 4ª planta., 08019 Barcelona  
Tel: 93 476 66 67 • Fax: 93 476 92 65  
[www.jrsiberica.com](http://www.jrsiberica.com) • [info@jrsiberica.com](mailto:info@jrsiberica.com)

[www.sma-viatop.com](http://www.sma-viatop.com)

# Mirando al pasado

El objeto de esta sección será sacar a relucir filosofías, técnicas, preocupaciones, que antaño nos inquietaban a todos los que estábamos ya trabajando en este maravilloso mundo de la carretera y que hoy vuelven a repetirse cambiando en algunos casos solamente pesetas por euros. Lo que se decía antaño de nuestras carreteras, aunque lo tengamos más o menos claro, sería muy difícil traerlo a estas páginas de una manera cronológica. Esto es posible gracias al Boletín de Proas, que se publicaba cada dos meses y en donde se recogía cómo estaba el mundo de la carretera.



## COMENTARIO DE ACTUALIDAD

En la VI Semana de la Carretera, que hace un par de meses tuvo lugar en las Islas Canarias, entre otros numerosos temas sobre economía y explotación de autopistas, se dedicó gran atención a la comparación entre firmes rígidos y firmes flexibles.

Es este un tema que suscita gran interés entre quienes se especializan en tales aspectos de la construcción de carreteras, aunque en nuestro país prácticamente no existen pavimentos rígidos. Precisamente esto, el que no existen pavimentos rígidos, es lo que emplean principalmente quienes propugnan su empleo, como argumento para pedir una política oficial que favorezca la construcción de este tipo de firmes, cerrando los ojos a la evidencia de que si en España no se han construido hasta ahora es por muy serios motivos cuya vigencia sigue siendo total, y entre los que ocupan lugar destacado los siguientes:

motivos técnicos y económicos cuya vigencia sigue siendo total, y entre los que ocupan lugar destacado los siguientes:

1. El coste más elevado de los pavimentos rígidos.
2. La imposibilidad de la construcción por etapas en los pavimentos de hormigón hidráulico.
3. La gran dificultad y costo de las reparaciones cuando se producen defectos o roturas de las losas de hormigón.
4. La abundancia en nuestro país —basta el exceso— de maquinaria y personal preparado para la construcción de pavimentos flexibles de cualquier tipo.

Siendo esto así, parece claro que sería peligroso coartar en cualquier sentido la libertad de los proyectistas en cuanto a la elección del tipo de firme, y las conclusiones provisionales leídas en la sesión de clausura de la Semana establecieron claramente la necesidad de que se respete esta libertad.

Desde luego, no existe ningún argumento que no pueda ser discutido, pero los antes indicados tienen gran peso, y así lo demuestra la forma de proceder en esta materia en países como Italia, que emplea siempre pavimentos flexibles en sus autopistas, o Alemania, que después de haber construido hace años su red de autopistas con firmes de hormigón, los va sustituyendo gradualmente por firmes flexibles, machacando a veces las viejas losas de hormigón para utilizarlas como base.

Empleando datos de la conferencia pronunciada en Las Palmas por don Alvaro García Mexeguer, al hablar de pavimentos rígidos, diremos que «Europa, en su conjunto, ofrece un 43 por 100 de autopistas de hormigón, y un 35 por 100 si se consideran únicamente las construidas en los últimos años», cifras que muestran claramente la tendencia decreciente en el empleo de esta técnica. En carreteras normales, desde luego, los porcentajes de firmes de hormigón son muy inferiores a los citados.

# Planta Asfáltica MARINI

## Mod. Ultimap 3300

Producción 260 t/h. Montada en Pedrera (Sevilla)  
para la firma Construcciones Maigar, S.A.

**MARINI**  
FAYAT GROUP



**DIEZ ALONSO**  
Y Cia, S.L.



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO PARA ESPAÑA

Diez Alonso y Cia, S.L. Paseo de La Castellana, 210 - 9º - 2 • 28046 Madrid  
Tels. 91 353 07 50 - 91 345 37 33 • Fax 91 345 07 06 • e-mail: javier@diezalonso.com

## La campaña 'Ponle freno' a la busca de carreteras peligrosas

Antena 3 y Onda Cero, inauguran en 2011 una nueva edición de la Campaña 'Ponle Freno', destinada a disminuir el número de muertes en carretera mediante una mejora del mapa viario en nuestro país. Con esta iniciativa, los ciudadanos podrán enviar sus denuncias sobre señales de tráfico, además de denunciar el mal estado de las carreteras. El objetivo vuelve a ser que se arregle o, en su caso, se sustituya la señalización defectuosa, a lo que sumamos la reparación de los deterioros en las carreteras de nuestro país.

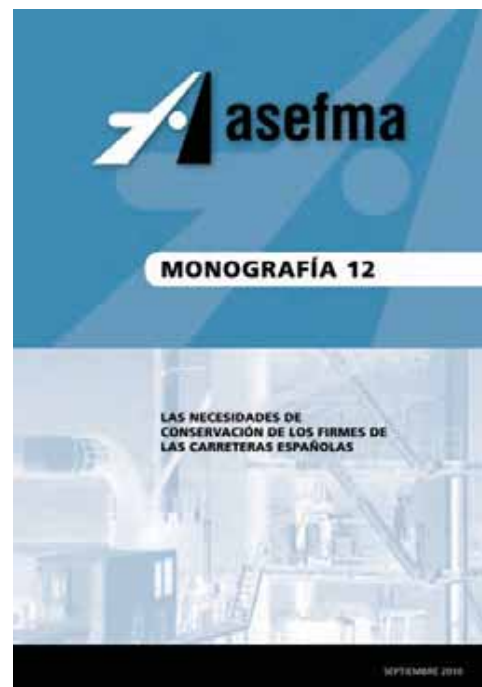


El pasado año, con la puesta en marcha de la campaña 'Se buscan señales peligrosas', se recibieron más de 500 denuncias que podían provocar situaciones de peligro en nuestras calles y carreteras. Tras contactar con las administraciones correspondientes, al final de la campaña más de una tercera parte ya se habían reparado o estaban en proceso de solución. Para la nueva campaña, las denuncias deberán enviarse a [www.ponlefreno.com](http://www.ponlefreno.com) con su localización, opinión y una foto o un vídeo. Tras una verificación, las denuncias recibidas serán publicadas en dicha dirección.

## Informe sobre las necesidades de conservación de los firmes

Madrid acogió la presentación del informe "Las necesidades de conservación de los firmes de las carreteras españolas", que constituye la monografía número 12 de Asefma, cuyo contenido ha sido realizado por el doctor ingeniero Miguel Ángel del Val, catedrático de Caminos y Aeropuertos de la Universidad Politécnica de Madrid.

El acto de presentación contó con la presencia del vicepresidente del Congreso de los Diputados, Jordi Jané, entre otros diputados, así como diversos directores generales de Comunidades Autónomas; el subdirector general de la Dirección General de Tráfico; funcionarios de las administraciones locales, gerentes de asociaciones profesionales del sector (AEC, ATC, ACEX, etc.) y numerosos medios de comunicación, además de los representantes más cualificados de las 140 empresas que componen la asociación.



## Ferrovial y el MIT firman un acuerdo para potenciar la I+D

Ferrovial y el Massachusetts Institute of Technology (MIT) han llegado a un acuerdo de cinco años para apoyar proyectos de investigación dirigidos a transformar las ciudades y desarrollar las infraestructuras del futuro, que implica su incorporación al MIT Energy Initiative (MITEI). A través de este acuerdo, Ferrovial destinará cinco millones de dólares a apoyar proyectos de investigación promovidos por esta institución, que responderán a las necesidades estratégicas de la compañía a la vez que avanzan en el entendimiento científico y técnico. Los proyectos serán desarrollados en las áreas de infraestructuras y ciudades inteligentes, tratamiento de agua y eficiencia energética, entre otros.

La empresa constructora formará parte, en su calidad de "sustaining member", del consejo de gobierno de Massachusetts Institute of Technology Energy Initiati-

ve (MITEI) de forma permanente, así como de su comité ejecutivo de forma rotatoria. Además, para los distintos programas identificados se designarán jefes de proyecto que trabajarán conjuntamente con los investigadores del MIT con el objeto de gestionar la ejecución de los mismos, lo que facilitará el intercambio de conocimiento entre ambas organizaciones.

El profesor Ernest J. Moniz, Director del MIT Energy Initiative, y profesor de física y de ingeniería de sistemas, subrayó que "infraestructuras críticas como las de transporte y agua, entre otras, son componentes esenciales para un aprovechamiento de la energía eficiente y sostenible en el futuro. Ferrovial, como uno de los mayores grupos de infraestructuras del mundo, aporta una nueva y diferente perspectiva al MITEI".

# Aglomerado COLOREADO

Pigmento tradicional en polvo



NUEVO PIGMENTO EN ESCAMAS



**Sodemin, s.l.** Presenta un nuevo pigmento **Oxido Rojo en Escamas** para colorear aglomerado asfáltico fabricado a partir de betún natural, obteniendo excelentes rendimientos, principales características:

- Fácil Manipulación, no mancha, no irrita la piel ni las fosas nasales.
- Excelente rendimiento, superior al pigmento en polvo,
- Garantiza una larga vida al pavimento coloreado.
- Mejor rendimiento económico frente al pigmento en polvo.

Proponemos una prueba para contrastar rendimiento en sus instalaciones. Contacte con nuestro Dpto. Técnico.

Otros colores, Disponemos igualmente de Pigmento en escamas en color amarillo y blanco. Dispersiones de ALTO rendimiento, igualando y/o superando la capacidad del mismo pigmento en polvo.

En nuestra fabrica, en Marsella (Francia), disponemos de equipos especiales de formulación para conseguir cualquier color. Suministrado en sacos termo-sellados.



PEP Ox. Rojo  
(Pigment Enrobé Polymère)  
Es un producto de:



Datos de contacto:

**Sodemin, s.l.**

Sant Llorenç, 23

43850 Cambrils – Tarragona

tel. 902 014 232 - 630 97 73 53 fax. 902 014 299

[marc.mir@sodemin.com](mailto:marc.mir@sodemin.com) - [www.sodemin.com](http://www.sodemin.com)



## ASEFMA celebra su Asamblea General Anual

ASEFMA celebró en Madrid su Asamblea General anual, con una asistencia superior a la de pasadas ediciones. Además de los asuntos ordinarios de la Asamblea, en la misma se debatieron y aprobaron una serie de puntos de gran interés, como:

- Nos encontramos ante un nuevo año en el que el principal objetivo de Asefma en el año 2011 será la reactivación del sector y para ello se seguirá actuando en los cinco niveles ya iniciados: impacto social, impacto técnico, impacto sectorial, impacto político e impacto mediático.

- Se han establecido una serie de medidas concretas sobre la Ley de Morosidad.

- Se ha aprobado la modificación de los estatutos para dar entrada al socio internacional.

- La VI Jornada Nacional de Asefma se celebrará el 25 y 26 de mayo en IFEMA.

- Se aprobó dar el voto afirmativo de los tres patronos de Asefma en la Fundación EUCAT para iniciar la construcción del Centro Tecnológico Europeo del Asfalto en 2011 y que estará finalizado en el año 2012.

- Se comunicó el lanzamiento de la revista Asfalto y Pavimentación el día 25 de mayo, durante las VI Jornadas de Asefma. La revista propia de nuestro sector.

- Se informó del lanzamiento de la nueva campaña Ponle Freno del Grupo Antena 3 y Onda Cero sobre Se buscan señales y carreteras peligrosas para la que se pidió la máxima colaboración y difusión.



## Orbyt recoge publicaciones sobre el asfalto

El Grupo Unidad Editorial ha alcanzado un acuerdo con Asefma para la publicación en Orbyt (el quiosco electrónico de El Mundo, Expansión y Marca) de la Memoria de la asociación, en la que se recoge la actividad del año 2010.

Este volumen se encuentra disponible en formato papel, además de poder descargarse por medio de la aplicación Orbyt a través de dispositivos móviles o bien en la dirección <http://quiosco.expansion-pro.orbyt.es> (dentro del apartado documentos de terceros). Se contempla la posibilidad de ampliar este acuerdo con nuevos documentos de interés lanzados por la asociación.



## Los instrumentos de apoyo a la I+D+i a debate

El Ministerio de Ciencia e Innovación y el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) analizaron las próximas convocatorias nacionales que tendrán lugar en lo que se refiere a instrumentos de apoyo a la I+D+i en una reunión de expertos de la Plataforma Tecnológica de la Carretera (PTC), en la que se pusieron en común ideas de proyecto promovidas por los socios.

La sesión contó con las intervenciones de Pedro Prado, del Ministerio de Ciencia e Innovación (MICYT), y Alejandro Ruiz Merino, del CDTI.

### Aprovechamiento energético integrado en pavimentos

Tecnalia participa en el proyecto Pavener, con el fin de desarrollar un sistema para aprovechar la energía solar integrado en el pavimento asfáltico. El proyecto, liderado por el grupo Campezo, consiste en aprovechar la energía térmica acumulada en el pavimento por radiación solar, mediante el transporte de un fluido a través de tuberías por debajo del mismo. Dicho sistema puede ser implementado bajo cualquier superficie pavimentada expuesta a radiación solar, como carreteras, aparcamientos, aeropuertos, etc.

Los pavimentos asfálticos pueden llegar a calentarse hasta 70°C durante días de fuerte irradiación solar. Dada la gran superficie pavimentada disponible, la recuperación de energía ofrece un gran potencial. Integrando el sistema desarrollado con un almacenamiento térmico y una bomba de calor, la energía térmica acumulada puede ser utilizada en aplicaciones de baja temperatura, tales como la climatización de edificios, polideportivos, piscinas, o agua caliente sanitaria. Otra aplicación potencial del sistema es su utilización en invierno para mantener la temperatura del asfalto por encima del punto de congelación, previniendo la formación de hielo en carreteras. Además del beneficio para la seguridad vial, también se disminuye la cantidad de sal utilizada para este fin.

### Feria Tecnológica del Sector de las Infraestructuras Viarias

Innovacarretera 2011 es un encuentro de trabajo del sector viario español, de una jornada de duración, bajo un novedoso formato: las demostraciones en directo de productos y servicios innovadores de aplicación a las infraestructuras viarias.

La primera edición de la Feria, que tendrá lugar el próximo día 9 de junio, representa una oportunidad para las empresas del sector; que pueden así superar el marco de la feria comercial tradicional y acercarse de modo más eficaz y clarificador sus novedades tecnológicas a los interlocutores habituales en las Administraciones Públicas y en el sector privado. El evento se celebra en las instalaciones de la Fundación CIDAUT en Mojados (Valladolid), un espacio abierto, que dispone de la infraestructura necesaria para el desarrollo de las demostraciones. Además de diversos pases/sesiones para cada una de las demostraciones, el encuentro constará también de un programa de presentaciones generales en auditorio cubierto.

Hasta 10 personalidades han confirmado ya su presencia en el Comité de Honor y su asistencia a la Feria. El Ministerio de Ciencia e Innovación, el Ministerio de Fomento, la DGT, el CDTI y diversas Direcciones Generales de Gobiernos autonómicos estarán representados en las actividades de Innovacarretera.



PLANES ESTRATÉGICOS Y SINERGIAS EMPRESARIALES  
SISTEMAS DE GESTIÓN, ASESORAMIENTO EXPERTO Y FORMACIÓN  
CERTIFICACIÓN, ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y ETIQUETADO AMBIENTAL  
REUTILIZACIÓN, RECICLADO, INNOVACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS

La consultoría de alcance internacional orientada a nuestro sector

## Ensayos de caracterización de las mezclas bituminosas

Como consecuencia de la experiencia acumulada en los últimos cinco años con la serie de ensayos UNE-EN 12697 para la caracterización de las mezclas bituminosas, Asefma ha celebrado una jornada sobre Ensayos de caracterización de las Mezclas Bituminosas. Sin pretensión de ser exhaustiva en todos los aspectos e implicaciones derivadas de los cambios en la normativa europea, ni tratar de explicar las bases y fundamentos de los ensayos, esta cita se hizo eco de trabajos técnicos concretos, elaborados por empresas, universidades y otros organismos del sector:

La cita, eminentemente práctica y buen reflejo de los cambios que se están produciendo en el control de las mezclas bituminosas, estuvo dirigida a los técnicos de la administración, fabricantes de mezclas bituminosas, constructores, consultores y laboratorios de ensayos de materiales.

La inauguración corrió a cargo de Jorge Ortiz, presidente de Asefma. El encuentro se estructuró en torno a cinco sesiones, tituladas Ensayos de caracterización de los componentes; Ensayos de caracterización de la mezcla bituminosa en laboratorio; Ensayos de caracterización dinámica; Ensayos de control para la puesta en obra; y Medidas del comportamiento. Al término de cada una de ellas tuvo lugar un coloquio con los asistentes.



## Se entrega el III Premio a la Innovación en Carreteras

La Fundación de la Asociación Española de la Carretera ha celebrado la entrega de la Tercera Edición del "Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo". El galardón ha reconocido la investigación colombiana "Comportamiento de un material granular no tratado en ensayos triaxiales cíclicos con presión de confinamiento constante (PCC) y variable (PCV)", un trabajo del Doctor Ingeniero Hugo Alexander Rondón Quintana.

Además, se entregó una Mención Especial al trabajo "Red de Carreteras Paisajísticas de Cantabria", del que son autores el equipo de expertos integrado por Antonio de la Puente García, Alberto Hilarión Valle Álvarez, Víctor Manuel Revilla Conde y Fernando Palacio Ansola. La investigación ha sido desarrollada con el apoyo de la Consejería de Obras Públicas, Ordenación del Territorio, Vivienda y Urbanismo del Gobierno de Cantabria.

## 2º Gran Premio Emulsar para Nuria Querol, de Sorigué

El Gran Premio Emulsar distingue los trabajos científicos relacionados con la mejora de los conocimientos o las experiencias en materia de emulsiones y sus usos. Este premio se concede cada cuatro años en el Congreso Mundial de la Emulsión. Los trabajos de los jóvenes investigadores, compiten en dos áreas: Salud y Desarrollo Sostenible. El Comité Científico del Congreso Mundial de la Emulsión, celebrado en Lyon, acordó dar el primer premio de la categoría "Desarrollo Sostenible" a Nuria Querol, de la empresa Sorigué y miembro del comité de Redacción de esta revista, por su trabajo sobre la emulsificación de betunes modificados a partir de caucho procedente de neumáticos fuera de uso.



VISITENOS EN

**EXPO\_MATEC**

Para de Infraestructuras, Maquinaria de Vías, Suelo, Saneamiento y Medio Ambiente, Civil Works, Excavator & Mining Machinery Part

24-28  
Mayo  
2011

# SI QUIERE CONSTRUIR UNA CARRETERA CUENTE CON VOLVO



Volmaquinaria de Construcción España  
San Fernando de Henares (Madrid)  
Tel.: 916 559 340  
[www.volmaquinaria.es](http://www.volmaquinaria.es)  
[Info@volmaquinaria.es](mailto:Info@volmaquinaria.es)

Gracias a la completa gama de equipos de construcción de carreteras, Volvo le ayudará con sus proyectos paso a paso. Nuestra amplia red de concesionarios le ofrece repuestos, servicios y conocimientos del sector de primera clase. Consulte con el concesionario más cercano para que le ayude a adquirir los equipos que usted necesita para realizar su proyecto: motoniveladoras, compactadores de tierras y asfalto, extendedoras y fresadoras en frío. Su distribuidor Volvo, el socio que necesita para que su proyecto tenga éxito.

**VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT**



A continuación se detallan las normas de calidad editorial que rigen la elaboración de artículos que quieran presentarse a la presente publicación.

1. Los textos deben ser remitidos a: [asfalto@asfaltopavimentacion.com](mailto:asfalto@asfaltopavimentacion.com)
2. Los artículos enviados para su publicación deberán ser inéditos. No obstante, si hubieran sido presentados en algún congreso, simposio o jornada técnica deberá indicarse tal circunstancia, para que el Comité de Redacción de la revista pueda evaluar la pertinencia de su eventual publicación.
3. Los artículos deberán enviarse en formato Word.
4. El título será conciso, a la vez que suficientemente descriptivo del contenido del artículo.
5. Todos los trabajos irán precedidos por un breve resumen, tanto en español como en inglés, con una extensión entre 50-150 palabras cada uno.
6. El nombre y apellido de el/los autor/es, organización y e-mail, deberán aparecer tras el título del artículo.
7. La extensión del texto (sin contar ilustraciones) ocupará, orientativamente, entre seis y diez páginas de revista, sabiendo que cada una de ellas requiere 4.000 caracteres (incluidos espacios en blanco). Textos de mayor longitud podrían ser rechazados.
8. El artículo irá dividido en apartados, con epígrafes numerados sucesivamente cuyo texto debe ser claro y conciso. En la numeración de los epígrafes se utilizará un máximo de dos dígitos: 1, 2, 3, 3.1, 3.2, ..., pero no 2.1.1.
9. Las referencias bibliográficas en el texto se reseñarán poniendo entre paréntesis el apellido del autor y el año de publicación. En el caso de más de dos autores, se indicará sólo el nombre del primero seguido de et al.
10. La bibliografía citada se presentará al final en orden alfabético, indicando apellido e inicial de nombre de cada autor; año, título de trabajo (en cursiva si se trata de un artículo o de un capítulo de libro, y subrayado si es el título de un libro o de una monografía), lugar de publicación, editorial, número de volumen: primera - última página en el caso de artículos o de capítulos de libros (número total de páginas si se cita un libro completo o una monografía).
11. Los trabajos se podrán acompañar de ilustraciones en color o en blanco y negro. Los pies de fotos y figuras estarán perfectamente identificados.
12. Las figuras se entregarán en formato JPG. Éstas deberán ser de alta calidad (18 cm de ancho a 300 ppp), lo que supone, orientativamente, un peso mínimo de un megabyte por ilustración. Las figuras que incorporen texto deberán tener las características necesarias para su reproducción por medio impreso y sus textos deberán tener tamaño suficiente para permanecer legibles después de su eventual reducción.
13. El número de tablas incluidas en el artículo, caso de requerirse, será proporcionado al tamaño del texto. Se precisa que éstas se encuentren escritas como parte del texto o, en caso de entregarse como imagen, cumplan las características indicadas en el punto anterior.
14. En cuanto a unidades y símbolos, se utilizará exclusivamente el Sistema Internacional.
15. El autor no podrá referirse a su propia empresa o incluir marcas comerciales. Como máximo se admite una referencia de carácter informativo en la introducción o en la conclusión.
16. Los autores aceptan explícitamente la publicación de sus colaboraciones tanto en soporte impreso como electrónico, en la página web de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA).
17. Se requerirá a los autores la aceptación expresa de las presentes normas. Una vez satisfechas las exigencias anteriores, a los autores se les enviará por correo electrónico el presente documento para que, por escrito, manifiesten su conformidad con el conjunto de estas normas.
18. Por tratarse de una publicación científica, una vez superados los requisitos anteriores, los artículos técnicos serán sometidos a revisión técnica.
19. Una vez recibido el artículo, y comprobado el cumplimiento de las normas de publicación descritas, el coordinador de Redacción entregará el documento al Director de la publicación, quien a su vez lo presentará al Comité de Redacción, que designará dos revisores expertos para que procedan a evaluar anónimamente el contenido científico-técnico del artículo.
20. En caso necesario, tras las conclusiones de los revisores expertos, se presentarán a los autores propuestas de corrección de textos y revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad y de calidad.

## El lector opina

Este espacio pretende ser un punto de encuentro para que los lectores de la revista puedan hablar de hechos de actualidad, manifestar reflexiones, situaciones personales, comentar informaciones publicadas anteriormente que han despertado interés, ... Es un espacio para expresar opinión, comentarios, denuncias, agradecimientos, etc.

Cualquier texto enviado a "El Lector Opina" debe ir firmado, incluyendo como mínimo nombre y dirección de correo electrónico. Son requisitos obligatorios para que puedan ser publicados. La carta no debe exceder la extensión de 250 palabras.

Todas las cartas recibidas serán evaluadas por el comité técnico por lo que el envío de la carta no garantiza su publicación.

### La opinión del lector

Nombre:

E-mail:

Archivo adjunto:



Calle Fundidores 14 Pol. In. Los Ángeles • 28906 • Getafe • Madrid  
Tel. +34 916 962 115 • Fax. +34 916 826 898  
email: comercial@mecacisa.com • www.mecacisa.com

# arob

(Distribuida en España por Mecánica Científica, S.A)

**EMPRESA AUSTRALIANA LIDER EN CONSTRUCCIÓN DE PERFILÓMETROS DE ALTA PRECISIÓN, ASÍ COMO DEL WALKER PROFILER ( MANUAL) Y DEL RUGÓMETRO DE PRECISIÓN MEDIA DE FÁCIL INSTALACIÓN Y BAJO COSTO**

#### ■ WALKING PROFILER G2, EQUIPO MANUAL DE ALTA PRECISIÓN



Para establecer el valor de ciertos índices internacionales:

- Rugosidad
- Calidad de rodadura
- Mantenimiento de pavimentos

#### ■ HAWKEYE 1000 DÚO

Perfilómetro con láser de precisión, combinado con una cámara de alta resolución.

##### Aplicaciones:

- Evaluación del estado del pavimento
- Identificación del estado de los bordes de la carretera y evaluación
- La infraestructura condiciona evaluaciones
- Evaluación de seguridad vial
- Control de calidad en la construcción del pavimento



#### ■ RUGÓMETRO PARA DETERMINAR EL IRI MONTAJE EN VEHÍCULO. EQUIPO DE PRECISIÓN MEDIA

- Dispositivo económico
- Fácil de instalar
- Resultados de rugosidad objetivos y repetitivos



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

- ÁRIDOS • SUELOS • CEMENTOS • AUSCULTACIÓN DE FIRMES • ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS • ROCAS
- HORMIGONES • LIGANTES • MEZCLAS BITUMINOSAS





Asefma es la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas. Una asociación de empresas que reúne en la actualidad a más de 140 empresas. Asefma es la referencia nacional del sector.

Asefma representa a un sector fuertemente industrializado, más de 2.000 millones de euros en bienes de equipo, que mantiene más de 30.000 puestos de trabajo, empleo directo, con más del 70% en contratación fija. Asefma representa a un sector de oficio.

Desde Asefma se ha impulsado de manera decidida la adaptación al proceso de Mercado CE y además, lidera importantes iniciativas en materia de I+D como la construcción del Centro Tecnológico Europeo del Asfalto (EUCAT) o el Proyecto Fénix, [www.proyectofenix.es](http://www.proyectofenix.es)



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES  
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

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

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



# Un camino sólido hacia el bienestar de todos.

Las infraestructuras viales y su constante mejora constituyen el motor del progreso que nos permite a todos aumentar nuestra calidad de vida, aportándonos seguridad, ahorro de tiempo y comodidad. Por eso trabajamos para facilitar la vida de las personas que recorren con nosotros el camino hacia el futuro y el bienestar.

REPSOL YPF Lubricantes y Especialidades, S.A.  
Glorieta Mar Caribe, 1. 28043 Madrid.

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