

# ASFALTO

## Y PAVIMENTACIÓN

Número 4 · Volumen II · Primer trimestre · 2012

número  
**4**



# 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





Número 4 · Volumen II  
Primer trimestre · 2012

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

**Secretario**

Andrés Pérez de Lema

**Coordinador**

José Carlos Cámara

**Secretaría**

Lies Ober

**Editorial Prensa Técnica, S. L.**

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

**Suscripción anual (4 números)**

España: 10 €  
Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189  
Depósito Legal: M21967-2011

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

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

# Sumario

Número 4 · Volumen II · Primer trimestre · 2012

**Editorial**

Planes anuales de conservación de firmes.  
Una necesidad social

05

**Evolución comparada de la producción  
en España de mezclas bituminosas frente  
a la estadística en Europa en el año 2010**

Juan José Potti

07

**Mejora de la resistencia al pulimento de áridos  
para la capa de rodadura de las carreteras**

Jesús Felipo Sanjuan, Andrés Costa Hernández,  
Marisa Carmona Carmona

15

**Deterioros en los pavimentos. Influencia  
en la seguridad vial (Parte 2)**

Grupo de Trabajo I del Comité Técnico de ASEFMA

29

**Estudio de algunos casos de fisuración  
descendente en carreteras españolas**

Juan Gallego Medina, Miguel Ángel del Val Melús,  
Ángel Sampedro Rodríguez, Jacinto Luis García Santiago,  
Patricia Díaz Martín

33

**Secciones fijas**

Métodos de ensayo, Comentarios a las normas, Normativa,  
Calendario, Publicaciones, Mirando al pasado, Normas de  
publicación, El lector opina

43



## INNOVAR está en nuestros genes

---

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

Nuestro compromiso con la seguridad nos permite cumplir con los estándares internacionales más exigentes. Y todo ello gracias a la confianza y colaboración de nuestros clientes.

---

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

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

---



# Planes anuales de conservación de firmes. Una necesidad social

Las ingenierías y las empresas constructoras españolas, durante el pasado siglo XX, han destacado mundialmente por sus grandes y especiales obras en España y a nivel internacional. El desarrollo de la red de carreteras españolas forma parte y ha contribuido, en gran medida, a este importante proceso constructor que se ha producido en España.

En los últimos treinta años, las redes de carreteras españolas, en todos los ámbitos de competencias (estatal, autonómico y provincial), formadas por las autopistas, autovías y carreteras convencionales, se han desarrollado, vertebrando todo el Estado y constituyendo la red de transporte más utilizada en nuestro país (el 90% del tráfico de viajeros y el 86% del tráfico de mercancías).

Este crecimiento se ha producido, igualmente, en otras infraestructuras del transporte, como el ferrocarril y la aviación, con el desarrollo e implantación del tren de alta velocidad, con la modernización y ampliación de los aeropuertos existentes y con la construcción de varios nuevos aeropuertos. También se ha producido este importante crecimiento en otras infraestructuras de servicio público, como centros de salud y hospitales, universidades, etc.

En muchos casos, la implantación y desarrollo de las nuevas infraestructuras, de todos los tipos, se ha producido a tal velocidad que seguramente no ha permitido, a los responsables de la decisión, analizar y evaluar las necesidades reales, construyéndose algunas infraestructuras que han resultado después excesivas o innecesarias. Aeropuertos nuevos o remodelados que no han llegado a ponerse en servicio o se han cerrado por escasa utilización, líneas de ferrocarril de alta velocidad que se han cerrado por su mínima utilización real, algunas nuevas universidades con un grado de ocupación de alumnos sensiblemente inferior al previsto, nuevas autovías y autopistas de peaje que presentan un nivel de utilización tan bajo que, con una carretera convencional, podríamos decir que "iban chutando".

El valor patrimonial de todas estas infraestructuras, de nueva construcción o acondicionadas y mejoradas, es altísimo. Sólo para las carreteras, se estima en 185.000 millones de euros, y forma parte esencial de la cuenta de ahorros de todos los españoles. Ya estamos en una nueva etapa, muy importante, que exige conservar estas infraestructuras y mantener su valor patrimonial.

Desde hace algo menos de un año tenemos nuevos gobiernos en la mayoría de las Comunidades Autónomas y, más recientemente, también un nuevo Gobierno de España. El discurso inicial de los nuevos responsables, en todos estos gobiernos, está siendo de recortes presupuestarios, como consecuencia de la situación de crisis económica mundial. Estos recortes, en el caso de las infraestructuras, se están manifestando, entre otras cosas, no sólo por suspender las inversiones en nuevas construcciones, lo que en principio, y para determinadas infraestructuras, podría parecer lógico, sino también en recortar drásticamente, e incluso eliminar, algunas operaciones de conservación de las infraestructuras existentes. En el caso de las carreteras, sólo hay dos áreas con un trato diferente en este recorte económico.

Por un lado, las operaciones relativas al mantenimiento de la vialidad, que la mayoría de las administraciones contratan externamente como operaciones de conservación, pero que no afectan prácticamente al mantenimiento de los elementos constitutivos de la carretera, como son los firmes, el balizamiento, la señalización, las obras de fábrica, etc.

Por otro lado, y en la Red de Carreteras del Estado, las actuaciones que se están realizando en las denominadas autovías de primera generación, actuaciones absolutamente necesarias para adecuar y mejorar sus elementos constitutivos (firmes, balizamiento, etc.), pero que sólo afecta a unos 1.000 kilómetros de la red total.

¿Cuánto dinero se está destinando, especialmente en los últimos tres años, a la conservación del resto de las carreteras de las redes estatal, autonómicas y provinciales?. Prácticamente cero. El gasto anual en el mantenimiento de la vialidad, viaria e invernal, no se puede considerar como gasto en la conservación de los elementos constitutivos de la carretera, y que son los que realmente conforman su valor patrimonial. Como ejemplo del gasto en conservación para otras redes de transporte, podemos citar la red nacional de los ferrocarriles de alta velocidad, donde el coste anual del mantenimiento diario de la red, para poder circular con seguridad en alta velocidad, está próximo a los 200 millones de euros. Los ratios de gasto en conservación por kilómetro o por viajero que lo utiliza están muy por encima de los mismos ratios para las carreteras, que es el medio de transporte de uso generalizado en España. En efecto, en la carretera, que soporta, como ya se ha indica-

do anteriormente, el 90% del tráfico nacional de viajeros y el 86% en el transporte de mercancías, el gasto en la conservación de los elementos constitutivos (firmes, señalización, etc.) no llega ni de lejos a los ratios de gasto anual del ferrocarril de alta velocidad. El estado de conservación de estos elementos es concluyente para el mantenimiento de las velocidades establecidas con la comodidad y seguridad necesarias. Su estado incide directamente en la seguridad vial.

La red nacional de carreteras, en grandes números, podemos situarla ligeramente por encima de los 165.000 kilómetros, de los que casi 26.000 kilómetros forman la red dependiente del Estado, que soporta algo más del 50% del tráfico total del país. Algo más de 71.000 kilómetros están en la red de las autonomías, y por último, hay cerca de 69.000 kilómetros en las redes provinciales, dependientes de las Diputaciones y de los Cabildos Insulares.

A esta cifra hay que añadir una red de otros casi 450.000 kilómetros dependientes de los Ayuntamientos, en la que los criterios de uso y conservación son muy diferentes, pues, aunque en muchos casos soportan un tráfico elevado de vehículos, generalmente son ligeros, con una menor afección a los firmes y con unas exigencias de conservación más próximas a las que hemos definido como de mantenimiento de la vialidad.

Algunos estudios realizados sobre el coste medio del mantenimiento en la red de carreteras del Estado lo sitúan, para las autopistas y autovías de uso libre, en 57.000 euros/año y kilómetro. Esta cifra se desglosa en 23.000 euros para las operaciones de mantenimiento de vialidad, otros 3.000 euros para la vialidad invernal y 31.000 euros para las actuaciones de conservación de los elementos constitutivos de la carretera. Para las carreteras convencionales, estos costes se sitúan, aproximadamente, ligeramente por debajo de la mitad de los valores anteriores.

Aceptando estos datos como reales, y teniendo en cuenta la longitud de cada tipo de carreteras que corresponden a la red del Estado, el coste anual de las actuaciones de conservación de los elementos constituyentes de la carretera (firme, balizamiento, estructuras, señalización, etc.) para la red de carreteras del Estado sería de algo menos de 500 millones de euros (no incluye las autopistas de peaje, cuya conservación es responsabilidad económica y técnica de la Concesionaria). Si hacemos el mismo razonamiento para las carreteras de las Comunidades Autónomas, con unos criterios de coste por kilómetro y año algo inferiores, pues soportan un tráfico sensiblemente menor

que las carreteras dependientes del Estado, esta cifra sería de unos 670 millones de euros. Con los mismos criterios, en las carreteras dependientes de las Diputaciones y Cabildos Insulares nos aproximaríamos a los 340 millones de euros por año.

Teniendo en cuenta todos estos datos, estamos en un gasto anual para la conservación de los elementos constitutivos de las carreteras estatales, autonómicas y provinciales (unos 165.000 kilómetros) y de su valor patrimonial, que sería de unos 1.500 millones de euros.

Esta cifra anual, para todas las Administraciones involucradas (Estado, Comunidades Autónomas y Diputaciones), es una cantidad muy pequeña respecto a sus presupuestos anuales, lo que permitiría mantener el valor patrimonial de la red y colaboraría eficazmente en la evolución de la seguridad vial, evolución muy positiva en los últimos años y, finalmente, supondría el mantenimiento de un sector industrial muy tecnificado y desarrollado en España, que da trabajo directo a algo más de 30.000 personas y que puede desaparecer si continúa, como en los últimos tres años, esta ausencia casi total de inversión en la conservación de los firmes de las carreteras.

Como ciudadanos españoles, que utilizamos la carretera para el 90% de nuestros desplazamientos y el 86% para el transporte de mercancías, podemos y debemos exigir que las distintas Administraciones con responsabilidad en la conservación de las carreteras, establezcan, doten económicamente y asuman unos planes anuales de conservación, de aplicación automática exclusivamente para la conservación de sus elementos constitutivos y de su valor patrimonial, con asignación presupuestaria independiente de quién gobierne y de los criterios anuales para la definición y confección de los Presupuestos Generales del Estado y de las Comunidades Autónomas.

Esperamos y pedimos que los nuevos gobernantes del Estado y de todas las Administraciones responsables de las carreteras sean sensibles a esta necesidad y, manteniendo los recortes presupuestarios que la actual situación de crisis mundial exige, doten de manera suficiente y continuada en el tiempo estos planes anuales de conservación de los elementos constitutivos de las carreteras, considerados como una necesidad social similar a la educación, la sanidad, etc., por su afección a la casi totalidad de la población.

Una carretera con su firme, sus elementos de balizamiento y señalización, sus obras de fábrica, etc. en buen estado, es absolutamente necesaria para la comodidad y seguridad de sus usuarios, que somos la mayoría de los ciudadanos españoles.

# Evolución comparada de la producción en España de mezclas bituminosas frente a la estadística en Europa en el año 2010

En el número 3 de la Revista Asfalto y Pavimentación, bajo el título "Evolución comparada de la producción en España de mezclas bituminosas frente a la estadística en Europa en el año periodo 2004-2009", se hacía un estudio comparativo de la producción de mezcla bituminosa en España frente a la estadística global de Europa para el periodo 2004 al año 2009.

In the number 3 of the Magazine Asfalto y Pavimentación, under the title "Compared evolution of the production in Spain of bituminous mixes opposite to the statistics in Europe in the year period 2004-2009", was doing to itself a comparative study of the production of bituminous mix in Spain opposite to the global statistics of Europe for the period 2004 a year 2009.

**Juan José Potti**  
 Presidente Ejecutivo\*  
 Asefma  
 jjpotti@asefma.com.es

Hace unas pocas semanas EAPA (European Asphalt Pavement Association) publicaba los datos de producción de mezcla bituminosa correspondientes al año 2010. Desgraciadamente, se confirma que los datos de producción en España del año 2010 no han sido mejores que los del año 2009, sino claramente peores. En este texto se pretende analizar nuevamente la situación, incluyendo ahora los datos del año 2010 y valorar la evolución comparada, especialmente en las toneladas dedicadas a la conservación de la red de carreteras.

## *Análisis global de la producción en Europa en el año 2010*

Los datos de producción de mezcla bituminosa del año 2010 publicados por EAPA (European Asphalt Pavement Association) reflejan una ligera caída respecto a la cifra del año 2009. Se ha pasado de una producción total en Europa de 317,3 millones de toneladas en el año 2009 a 309,3 millones de toneladas en 2010. Esto representa una caída inferior al 3%, pero el tercer año consecutivo de descenso en la producción global.

Frente a este dato global caben hacerse otras consideraciones. Sólo seis países tienen una producción anual superior a los 20 millones de toneladas: Alemania, Francia, Inglaterra, Italia, España y Turquía.

Tabla 1. Producción global y por países en el periodo 2005 a 2010 (en millones de toneladas)

País	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alemania	57,0	57,0	51,0	51,0	55,0	45
Austria	10,0	10,0	9,5	9,5	9,0	8,2
Bélgica	5,2	5,0	4,5	4,9	4,7	4,8
Croacia	3,8	3,7	3,7*	4,2	3,2	2,2
Dinamarca	3,2	3,4	3,3	3,1	2,7	3,2
Eslovaquia	1,8	2,2	2,2*	2,2*	2,2	1,9
Eslovenia	1,5	2,2	2,1	2,6	2,3	1,8
España	41,5	43,4	49,9	42,3	39,0	34,4
Estonia	1,2	1,5	1,5	1,5	1,2	1,1
Finlandia	6,2	5,5	5,9	6,0	5,2	4,9
Francia	40,1	41,5	42,3	41,8	40,1	38,8
Gran Bretaña	27,9	25,7	25,7	25,0	20,5	21,5
Grecia	7,0*	7,8	8,0	8,1	8,7	5,2
Hungría	3,8	4,4	3,3	2,5	1,6	3,4
Irlanda	3,4	3,5	3,3	2,8	3,3	2,3
Italia	43,5	44,3	39,9	36,5	34,9	29
Islandia	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2
Letonia	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*
Lituania			1,7	2,2	1,5	1,6
Luxemburgo		0,6	0,6	0,6*	0,6	0,7
Noruega	5,1	5,1	5,9	5,7	6,5	5,9
Países Bajos	8,6	9,8	10,2	9,3	9,8	9,5
Polonia	15,0	18,0	18,0*	15,0	18,0	18
Portugal	11,1	8,9	9,0	9,0*	9,0*	6,7
República Checa	5,6	7,4	7,0	7,3	7,0	6,2
Rumanía	2,8*	2,8*	3,2	3,3	3,6	3,2
Suecia	7,2	7,3	7,7	8,7	8,1	7,9
Suiza	4,7	5,4	5,2	5,3	5,4	5,3
Turquía	16,6	18,9	22,2	26,6	23,1	35,3
Europa	324,3	346,1	347,7	338,0	326,9	309,3

Fuente: EAPA.

## Evolución comparada de la producción en España de mezclas bituminosas frente a la estadística en Europa en el año 2010

Alemania es el principal productor europeo de mezcla bituminosas desde hace más de 10 años. En el año 2009 la producción alemana llegó a 55 millones de toneladas y en el 2010 sigue siendo el máximo productor con 45 millones de toneladas.

Francia afianza su segunda posición europea obtenida en el año 2009. Su producción experimenta un ligero descenso respecto al año 2009. Pasa de 40,1 millones de toneladas en el año 2009 a 38,8 millones del año 2010. Una ca-

ída relativa muy moderada, apenas un 3% respecto a 2009. Esta sigue siendo una de las características de la producción de mezcla bituminosa en Francia, un consumo anual muy estable en el tiempo.

Turquía, al revés que los otros grandes países productores de Europa, ha experimentado un crecimiento muy importante desde el año 2007. Ha pasado de 22,2 millones de toneladas en el año 2007 a 35,3 millones de toneladas en el año 2010. Este dato está justificado en un fuerte crecimiento

Tabla 2. Estadística anual de los seis mayores productores en el periodo 2007 a 2010

País	Producción 2007	Producción 2008	Producción 2009	Producción 2010
Alemania	51	51	55	45
Francia	42,3	41,8	40,1	38,8
Turquía	22,2	26,6	23,1	35,3
España	49,9	42,3	39,0	34,4
Italia	39,9	36,5	34,9	29
Inglaterra	25,7	25,0	20,5	21,5

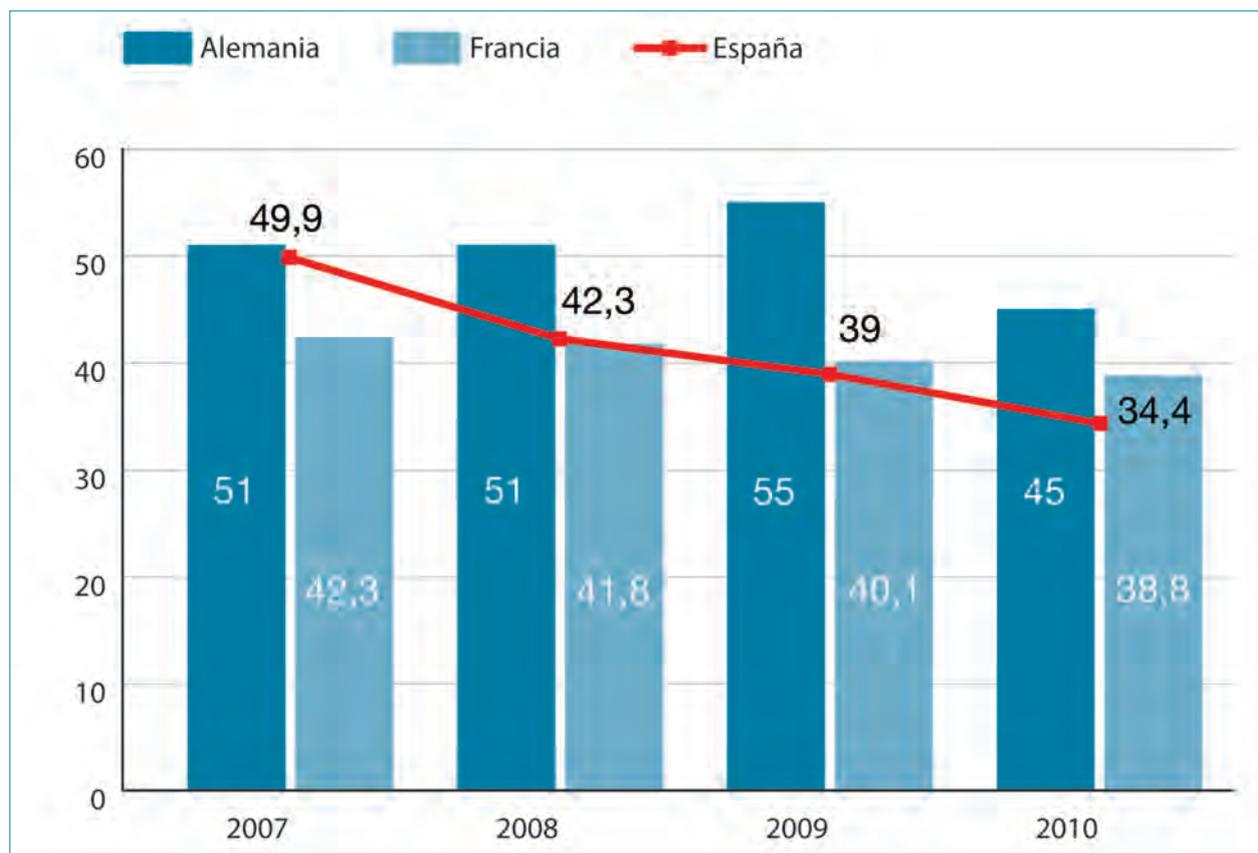


Figura 1. Producción anual de España, Alemania y Francia en el periodo 2007 a 2010.

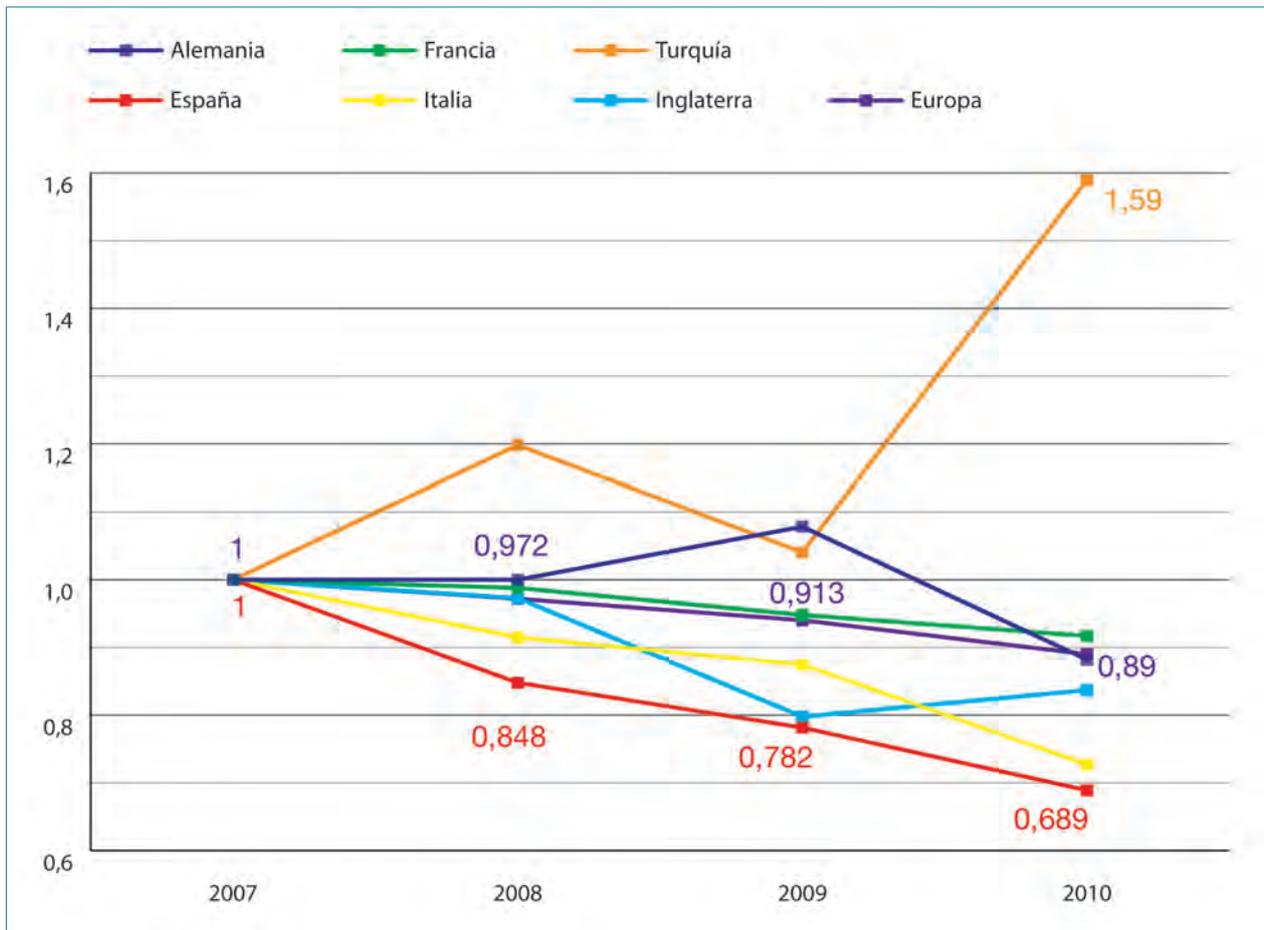


Figura 2. Evolución en la producción de los seis principales productores europeos en el periodo 2007 a 2010.

en la creación de infraestructuras de carreteras en estos últimos años en Turquía. En la actualidad es el tercer fabricante, según los datos de EAPA.

España sigue cayendo por tercer año consecutivo, pero con caídas relativas muy superiores a las del resto de los países europeos. En el año 2007 se alcanzó la cifra récord de 49,9 millones de toneladas, lo que nos colocaba en la segunda posición de Europa tras Alemania. En el año 2009 pasamos a la tercera posición, tras Alemania y Francia, y en el año 2010 hemos caído a la cuarta posición, tras Alemania, Francia y Turquía. La caída relativa del año 2010 respecto al año 2009 es de un 12% y de más de un 30% respecto al año 2007.

Italia es el quinto productor europeo en el año 2010, con 29 millones de toneladas, y una caída relativa respecto al año 2009 del 17% y de un 27% respecto al año 2007. Las tendencias de Italia y España son muy parecidas y, desde luego, las más graves de Europa.

Inglaterra también ha experimentado un retroceso en el año 2010, si lo comparamos con respecto al año 2007, una caída relativa de algo más del 16%, pero el año 2010 ha sido mejor que el 2009. Se han pasado de 20,5 millones de toneladas en 2009 a 21,5 millones de toneladas en 2010, un crecimiento relativo del 4,5%.

En la Figura 2 se visualiza con mayor claridad la evolución en la producción de los seis principales productores europeos en los últimos cuatro años, comparados con la evolución global en Europa.

Tomando como referencia, en todos los casos, la producción de cada país del año 2007, y representando el valor obtenido de dividir la producción de cada año por la que se obtuvo en el año 2007, se obtiene la evolución anual relativa referida al año 2007. En general, todos los países, a excepción de Turquía, que ha incrementado su producción un 60%, disminuyen su producción respecto al año 2007. En la

## Evolución comparada de la producción en España de mezclas bituminosas frente a la estadística en Europa en el año 2010

Tabla 3. Longitud de la red de carreteras.

País	Longitud de la red de carreteras (km)	Año de referencia
Alemania	644.480	2006
Australia	812.972	2004
Brasil	1.751.868	2004
Canadá	1.042.300	2008
China	4.008.200	2010
España	681.298	2008
Estados Unidos	6.506.204	2008
Francia	1.027.183	2007
India	3.320.410	2009
Italia	487.700	2005
Japón	1.203.777	2008
Polonia	423.997	2008
Reino Unido	398.366	2006
Rusia	982.000	2009
Suecia	425.300	2008
Turquía	352.046	2008

Figura 2 se puede analizar esta evolución. La producción global de Europa en el año 2010 ha disminuido un 11% respecto al año 2007.

El caso de España es un caso extremo. Desde el año 2007 presenta el mayor descenso en su producción relativa en los años 2008, 2009 y también en el año 2010, acumulando en el año 2010 una caída relativa en su producción de más de

un 31% respecto al año 2007. Esta caída es casi tres veces superior a la caída global en Europa, ver Figura 2.

### Ratios producción en Europa en el año 2010

En el número 3 de la Revista Asfalto y Pavimentación, bajo el título "Evolución comparada de la producción en España de mezclas bituminosas frente a la estadística en Europa en el año periodo 2004-2009", se aplicó una serie de ratios para valorar la producción de mezcla bituminosa de cada país por habitante, superficie del país, etc., y la que ofreció un significado más adecuado es el ratio obtenido al dividir la producción nacional de mezcla bituminosa por la longitud de la red de carreteras. El último informe publicado por la ERF (European Road Federation), de Julio de 2010, aporta los datos de la red de carreteras europea del año 2007, ver Tabla 3 del artículo publicado en el número anterior de esta revista. Desgraciadamente, no se ha publicado una nueva actualización de estos datos.

Informaciones más recientes, publicadas en The World Factbook (ISSN 1553-8133; también conocido como el CIA World Factbook), aportan los datos que recoge la Tabla 3.

A partir de esta información, y con los datos de la Tabla 2, se obtienen los ratios que refleja la Tabla 4.

En la Tabla 4 se pone de manifiesto que el ratio tonelada producida dividida por la longitud de la red varía entre los seis mayores productores europeos. Los valores se encuentran comprendidos entre 50 y 70. Valores superiores a 70 son claramente indicadores de un esfuerzo importante en nueva construcción, como es el caso de Turquía.

Tabla 4. Estadística anual de los seis mayores productores en el periodo 2007 a 2010.

País	Producción 2007 / longitud de la red de carreteras (km)	Producción 2008 / longitud de la red de carreteras (km)	Producción 2009 / longitud de la red de carreteras (km)	Producción 2010 / longitud de la red de carreteras (km)
Alemania	79,07	79,07	85,27	69,77
Francia	41,19	40,70	39,05	37,78
Turquía	63,07	75,57	65,63	100,28
España	73,27	62,11	57,27	50,51
Italia	81,93	74,95	71,66	59,55
Inglaterra	64,57	62,81	51,51	54,02

En el año 2010 todos los países presentaron un ratio superior a España, excepto Francia. Francia es el país europeo con la mayor longitud de la red de carreteras de Europa, más de un millón de kilómetros, y viene aplicando una política de conservación de su red de carreteras modélica y, como se muestra en esta tabla, con unos costes por kilómetro de red muy inferiores a los del resto de los países. Una buena parte del éxito radica en mantener unos costes de conservación estables en el tiempo y vinculados a la longitud de su red. Una adecuada política preventiva evita sobrecostes en las actuaciones de refuerzo de firmes. Esta es la mejor demostración.

El caso de España merece un análisis en profundidad. Se ha pasado de un ratio de 73,27 en el año 2007, debido a un importante esfuerzo en nueva construcción, a un brusco descenso de este ratio hasta valores de sólo 50,51 en el año 2010. Esta brusca caída es, desgraciadamente, un indicador de un importante abandono del necesario esfuerzo en las tareas de conservación preventiva y está conduciendo a un deterioro muy rápido de la red de carreteras.

En España, en los últimos años, se ha hecho un importante esfuerzo para hacer crecer la red de carreteras. Se ha pasado de una cifra ligeramente inferior a los 150.000 kilómetros en el año 1980 a más de 600.000 kilómetros de carreteras, que componen nuestra actual red de carreteras.

España es el segundo o tercer país europeo en términos de dimensión de su red de carreteras, por detrás de Francia y al mismo nivel que Alemania. Según los últimos datos facilitados por el Ministerio de Fomento, en su anuario de 2010, la longitud de la red de carreteras interurbanas supera los 165.000 kilómetros.

La red de carreteras de gran capacidad asciende a 14.262 kilómetros de carreteras y es la tercera de Europa, tras Ale-

mania y Francia, de acuerdo con los datos aparecidos en el anuario de 2010 del Ministerio de Fomento.

La evolución de la red de gran capacidad ha sido ciertamente muy importante, sin comparación posible con los países de nuestro entorno en estos últimos cuarenta años.

Gracias al desarrollo de esta red de carreteras, España, entre otros factores ha podido tener un desarrollo económico muy importante en estos últimos años. Esta red de carreteras se ha construido con esfuerzo y en unas condiciones económicas que no son las actuales, y eso nos obliga a valorar lo que tenemos, a valorar el patrimonio vial actual.

Esta es la situación actual y evidentemente, este patrimonio vial es preciso conservarlo.

Según los datos de ACEX, el valor del patrimonio vial de España, por su coste de reposición, es de 170.875 euros, una cifra ciertamente muy importante. Algo más de 70.000 millones de la red de carreteras del Estado, 76.775 millones de euros de la red de carreteras autonómica y unos 24.000 millones de la red de carreteras de Diputaciones y Cabildos.

### *Mirando al futuro, reflexiones personales*

En la situación de precios actuales, el precio del betún obliga a priorizar la durabilidad y la reciclabilidad de las mezclas bituminosas, a mejorar el comportamiento en servicio de las capas bituminosas y esto pasa, además, por una optimización del espesor necesario.

La durabilidad de las mezclas bituminosas es un aspecto clave. La reducción de las temperaturas de fabricación debe ser empleada con mayor profusión. La reciclabilidad de las mezclas bituminosas es el argumento más importante para su empleo en el futuro y la base para su mejor calificación desde el punto de vista del impacto ambiental. El

Tabla 5.

Administración titular	Longitud (km)	Porcentaje
Administración General del Estado	25.733	15,5%
Comunidades Autónomas	71.464	43,1%
Diputaciones y Cabildos	68.606	41,4%
Total	165.803	100%

Tabla 6.

Administración titular	Longitud (km)	Porcentaje
Administración General del Estado	10.630	74,5%
Comunidades Autónomas	2.869	20,2%
Diputaciones y Cabildos	763	5,3%
Total	14.262	100%

## Evolución comparada de la producción en España de mezclas bituminosas frente a la estadística en Europa en el año 2010

Tabla 7.

	1970	1980	1990	2000	2010
Administración General del Estado	203	1.933	3.952	6.982	10.630
Autopistas de peaje	82	1.530	1.724	1.743	2.498
Autopistas libres y autovías	121	403	2.228	5.239	8.132
Administración Autonómica			649	1.578	2.869
Autopistas de peaje			163	348	322
Autopistas libres y autovías			486	1.230	2.547
Diputaciones y Cabildos			92	489	763
Autopistas de peaje				111	171
Autopistas libres y autovías			92	378	592
<b>Total red de gran capacidad</b>	<b>203</b>	<b>1.933</b>	<b>4.693</b>	<b>9.049</b>	<b>14.262</b>
Autopistas de peaje	82	1.530	1.887	2.202	2.991
Autopistas libres y autovías	121	403	2.806	6.847	11.271

empleo de cualquier subproducto o aditivo debe estar limitado en su empleo si pone en riesgo la reciclabilidad de la mezcla bituminosa.

Estamos viviendo la mayor crisis económica jamás conocida, y creo que especialmente, bajo estas circunstancias, se debería aplicar una serie de directrices:

- Antes de invertir en una nueva carretera o infraestructura, es preciso mantener adecuadamente las carreteras que ya tenemos.
- El esfuerzo en conservación de carreteras debe ir vinculado al valor patrimonial de la red.
- La conservación de la red de carreteras debe ser programada y huir de planes de choque.
- El mayor ahorro en la conservación de carreteras se produce cuando se mantienen programas estables a lo largo del tiempo.

Estas consideraciones cobran una especial importancia en nuestra actividad. La actividad de fabricación asfáltica es una actividad industrial dentro del sector de la construcción y, por ello, se adapta mal a los cambios de tendencia. Especialmente mal cuanto más bruscos sean los cambios. Desde luego, la situación que estamos viviendo en los últimos años está poniendo al sector al borde de la desaparición. No es exagerada esta afirmación.

Es evidente que nadie espera alcanzar los 50 millones de toneladas del año 2007, pero hace sólo tres o cuatro años se pedía, para obtener la valoración técnica necesaria en las licitaciones del Ministerio de Fomento, que la maquinaria de extendido tuviese una antigüedad máxima de cinco años. Se hizo el esfuerzo, se abordó la inversión por el sector.

Se licitaron desde el Ministerio de Fomento, en 2007 y 2008, por importes superiores, cada año, a los 500 millones, pero desde esa fecha, desde 2009, las licitaciones han sido irrisorias: 24 millones en 2009, 18 millones en 2010 y ¡cero en 2011! De ahí buena parte de la explicación de la enorme caída en la producción nacional.

No existe un sistema instantáneo para ver el dato del valor actual de nuestro patrimonio vial. En la situación económica actual estamos perfectamente informados de la caída del PIB o de la prima de riesgo y, en base a sistemas objetivos e instantáneos, se están tomando medidas "de reducción del gasto". La reducción del gasto en el refuerzo de firmes y los datos aquí aportados no tienen comparación posible con ningún sector, menos de 40 millones licitados en los últimos tres años en obras de refuerzo frente a los más de 500 millones licitados en 2007 o en 2008. El deterioro del valor patrimonial es exponencial con el paso del tiempo y llega un punto que es no recuperable.

En mi opinión, se me puede decir que soy parte interesada y no lo niego, soy parte interesada y preocupada, se de-

bería adoptar una programación anual estable vinculada al valor patrimonial de la red, ese es el mejor modo de optimizar la conservación, como hace Francia. Ese dato lo hemos aportado desde Asefma en la Monografía 12 y coincide con las previsiones del PEIT: se deben destinar no menos de 520 millones anuales para refuerzo de firmes desde el Ministerio de Fomento y otro tanto desde las Comunidades Autónomas. Está en juego conservar el valor patrimonial de nuestra red de carreteras y la seguridad vial.

### *Bibliografía*

- Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020 (Ministerio de Fomento, 2005).
- Libro Verde de la conservación de infraestructuras en España (Acex, 2009).
- Monografía 12 de Asefma. "Las necesidades de conservación de las carreteras en España" (Asefma, septiembre 2010)
- EAPA Asphalt in figures 2010 (EAPA, noviembre 2011)
- "Autopistas y Autovías en España. La red de carreteras de gran capacidad" (Asociación Técnica de Carreteras, noviembre 2011)
- Potti, J. 2011. *Evolución comparada de la producción en España de mezclas bituminosas frente a la estadística en Europa (2004-2009)*. Asfalto y Pavimentación, número 3: 7-15.

#### *\* Asefma elige nuevo presidente ejecutivo*

Tras la aprobación del balance del año anterior y de las cuentas correspondientes al ejercicio presente, se decidió reunir el cargo de director general y presidente ejecutivo en la figura de Juan José Potti, no sin antes reconocerse, de forma unánime, la labor desempeñada por el presidente saliente, Jorge Ortiz.

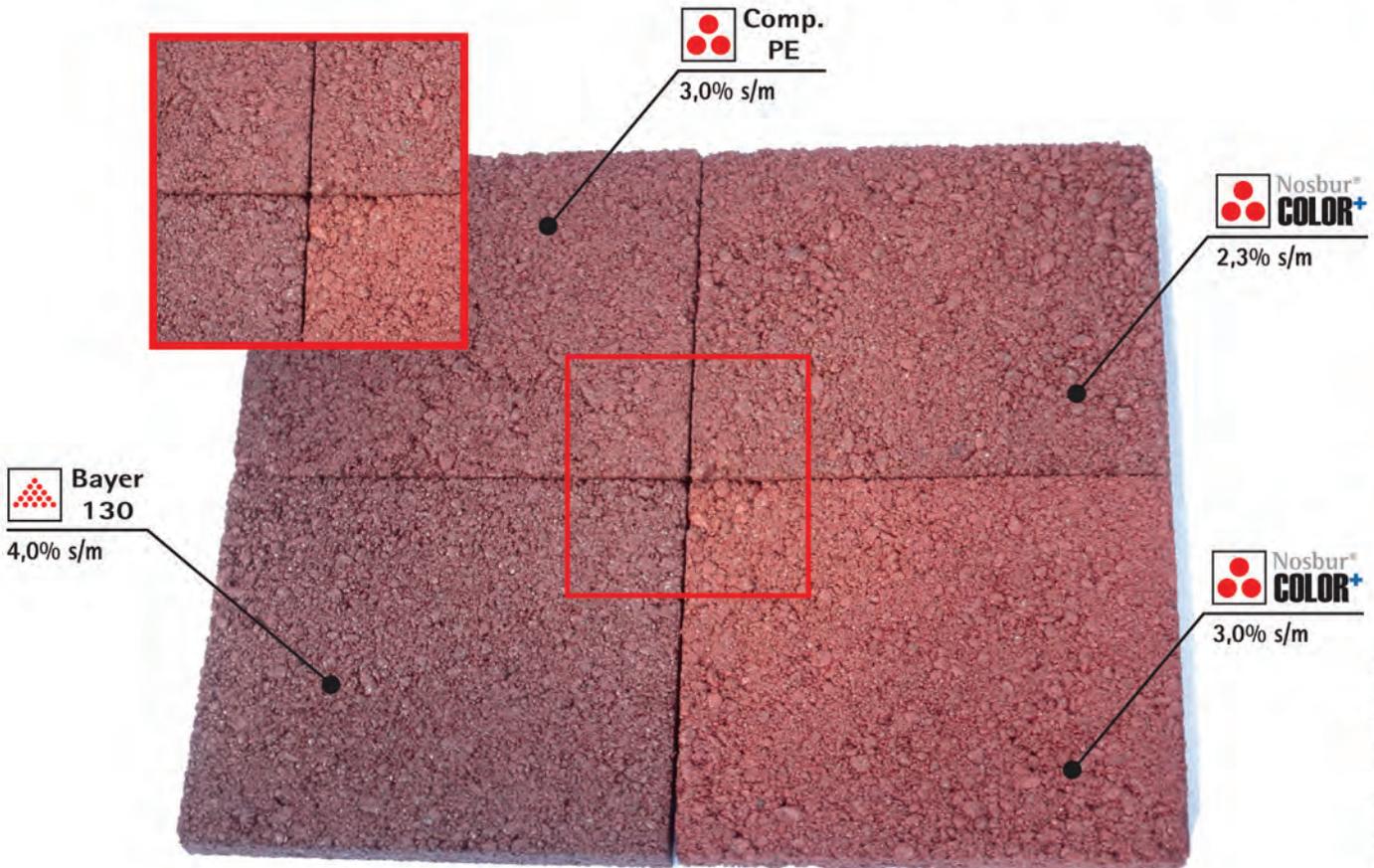
El nuevo presidente de Asefma aseguró que "el deterioro del valor patrimonial de las carreteras españolas es exponencial con el paso del tiempo y puede llegar a un punto no recuperable". Potti afirmó, ante los representantes de las más de 130 empresas del sector, que "no sólo se trata de un problema económico, sino que el deterioro de los pavimentos afecta de manera directa a la seguridad vial".

**NUEVA**  
composición



# Nosbur® COLOR+

...más color con menos dosis!



**AC8 Surf 50/70 (5,2% s/m)**

Mezclas de color Rojo fabricadas en central,  
con Asfalto  y Pigmentos de Alto Rendimiento

Producto	Formato	Dosis s/m	Consumo	Envase	Ajuste ligante
Bayer 130		4,0%	<b>+45%</b>		—
Comp. PE		3,0%	<b>+25%</b>		—
Nosbur COLOR+		<b>2,3%</b>	—		<b>&gt;20%</b> ponzeral 

Completa Gama de colores para fabricación de mezclas con Ligante Sintético.



**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)

# Mejora de la resistencia al pulimento de áridos para la capa de rodadura de las carreteras

La resistencia al deslizamiento de la capa de rodadura de un firme esta directamente relacionada, entre otros factores, con la resistencia al pulimento del árido grueso utilizado en la misma. Esta característica del árido se evalúa mediante la determinación del Coeficiente de Pulimento Acelerado (CPA). Las exigencias mínimas prescritas en la normativa vigente sobre esta característica supone que en España haya pocos áridos y geográficamente distribuidos heterogéneamente, que cumplan los valores mínimos exigidos. Este artículo describe los trabajos de investigación, los tratamientos desarrollados y los resultados obtenidos, dentro del Proyecto FENIX, para mejorar la microrrugosidad superficial de los áridos para mejorar así su resistencia al pulimento. Con los tratamientos desarrollados se puede facilitar el uso de áridos con mejores características de CPA en zonas con carencias en este tipo de áridos, disminuyendo el impacto ambiental (e incremento de coste) generado por largas distancias de transporte.

**Palabras clave:** Capa de rodadura, resistencia al pulimento, resistencia al deslizamiento, mejora del CPA, Proyecto Fénix

Skid resistance of the surface course this directly related, among other factor, with resistance to the polishing of the coarse aggregate used therein. This feature of the aggregate is assessed through the determination of the polishing stone value (CPA). The minimum requirements prescribed in the regulations in force about this feature is that Spain there are aggregates and geographically heterogeneously distributed, to meet the required minimum values. This article describes research, developed treatments and the obtained results in the FENIX project, to improve the microrrugosidad surface aggregates to improve its resistance to polishing. Developed treatments can facilitate the use of aggregates with best features of CPA in areas with gaps in this type of aggregates, decreasing the environmental impact (and increase in cost) generated for long transportation distances.

**Keywords:** Surface course, resistance to the polishing, skid resistance, improve the CPA, Fenix Project

**Jesús Felipo Sanjuan**, [jfelipo@pavasal.com](mailto:jfelipo@pavasal.com)  
Pavasal Empresa Constructora, S. A.

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

**Marisa Carmona Carmona**, [mcarmona@intromac.com](mailto:mcarmona@intromac.com)  
Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y  
Materiales de Construcción (Intromac)

## 1. Introducción

Una de las características superficiales más importantes en los pavimentos de carreteras es la resistencia al deslizamiento, la cual se consigue por una adecuada combinación de microtextura y macrotextura de la superficie. La microtextura depende

de cómo sea la superficie de los áridos, de forma que la resistencia al deslizamiento de un pavimento está directamente relacionada con la microrrugosidad superficial del árido. Para poder obtener una microtextura adecuada es necesario que los áridos tengan una superficie áspera. Pero esta característica de la superficie del árido disminuye y se pierde con el paso de los vehículos, pudiendo llegar a convertirse en una superficie lisa.

Para valorar la resistencia que tienen los áridos a perder su microtextura se emplea el ensayo del Coeficiente de Pulimento Acelerado (CPA), según la UNE EN 1097-8, existiendo una buena correlación entre los valores obtenidos para el CPA y la microrrugosidad superficial del árido y su resistencia a perderla. Es por ello que la normativa técnica de las administraciones responsables de las carreteras y pistas de aeropuertos establecen unos valores mínimos de CPA en función del tipo de

# Mejora de la resistencia al pulimento de áridos para la capa de rodadura de las carreteras

tráfico que soporta la vía. En la resistencia al pulimento de un árido, además de los factores extrínsecos tales como la cantidad, tipo y densidad del tráfico, el clima, la presencia de polvo o partículas abrasivas sobre la superficie o el grado de humedad de la calzada, influyen otros factores intrínsecos del árido, como son los minerales que lo constituyen, el tamaño de partícula de cada uno de estos minerales y su grado de dureza.

En la actualidad los valores mínimos exigidos en las diferentes normativas, principalmente para tráfico pesado, son tales que, en España, existen pocos áridos que cumplan dichas especificaciones, y además están distribuidos geográficamente de forma heterogénea. En general abundan más los áridos que no cumplen con estas características que los que sí las cumplen. Es por ello que el empleo de áridos con valores de CPA elevados representa un coste importante, principalmente debido a las largas distancias de transporte necesarias para su empleo.

Viendo la necesidad de este tipo de áridos y la dificultad de obtenerlos, principalmente en algunas zonas, se planteó un trabajo de investigación, en el seno del Proyecto Fénix (desarrollado por las empresas Pavasal y Elsan, en colaboración con Intromac como Organismo Público de Investigación), cuyo objetivo ha sido investigar y desarrollar metodologías y tratamientos para los áridos, que evite el pulido de los mismos a corto o medio plazo, incrementando de forma importante su valor de CPA, permitiendo que áridos que en este momento no pueden ser empleados en capas de rodadura por su fácil pulido, cumplan con los valores exigidos de CPA y puedan ser empleados en dichas capas.

Como objetivo se plantea la posibilidad de mejorar el CPA de un árido calizo, de naturaleza dolomítica, cuyo valor de 41 no permite que se emplee en capas de rodadura, incrementándolo a un valor superior a 45 o incluso 50, de forma que para determinados tipos de tráfico su empleo sea posible.

## 2. Metodología

Para alcanzar el objetivo planteado en el proyecto se han seguido los pasos siguientes:

**1. Selección y caracterización de los áridos a estudiar.** Para la realización del trabajo se seleccionan tres áridos de diferentes procedencias, con valores iniciales de CPA muy distintos (desde 41 a 57) para poder comparar la influencia de los distintos tratamientos en cada uno de ellos, y se caracterizan para su posterior estudio.

**2. Selección de los tratamientos y realización de los mismos en laboratorio.** En función de la morfología de los diferentes áridos se seleccionan los tratamientos que se consideran más adecuados, incluyendo tanto tratamientos físicos como químicos, analizando posteriormente la influencia en el CPA de cada uno de los tratamientos realizados.

**3. Empleo de los áridos tratados en la mezcla bituminosa.** Una vez se seleccionan los tratamientos óptimos se fabrican, con los áridos tratados, mezclas bituminosas en caliente en el laboratorio para comprobar que dichos áridos tratados pueden ser empleados en las mezclas sin problemas.

Vamos a analizar a continuación cada uno de los pasos anteriores con más detalle.

### 3. Selección y caracterización de los áridos a estudiar

Inicialmente se han seleccionado tres áridos de naturaleza y características diferentes. Los áridos seleccionados son los siguientes:

- Dolerita, con un valor de CPA inicial de 54.
- Dolomía con venas de calcita, con un valor de CPA inicial de 41.
- Cuarzita, con valor inicial de CPA de 57.

Atendiendo a las características intrínsecas del árido que pueden influir en la rugosidad, las técnicas seleccionadas para el estudio son las siguientes:

- Caracterización petrográfica.
- Evolución del valor del CPA.
- Porosimetría de Hg.
- Microscopía confocal.

A continuación se detallan los resultados obtenidos con los tres áridos inicialmente estudiados.

#### 3.1 Caracterización petrográfica

En las figuras 1,2 y 3 se presenta la caracterización petrográfica de los diferentes áridos que se han estudiado, con el objetivo de conocer la naturaleza de cada uno de ellos.

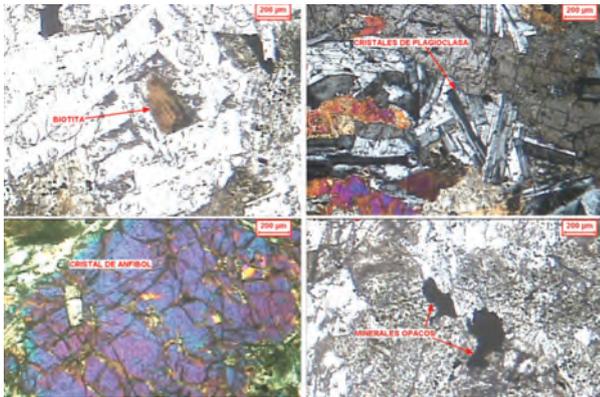


Figura 1: Dolerita.

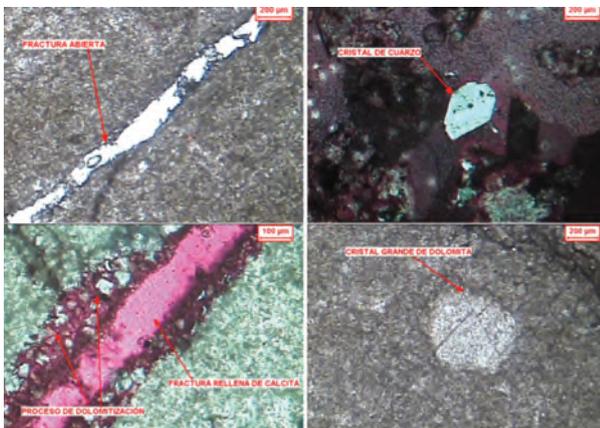


Figura 2: Dolomía con venas de calcita.

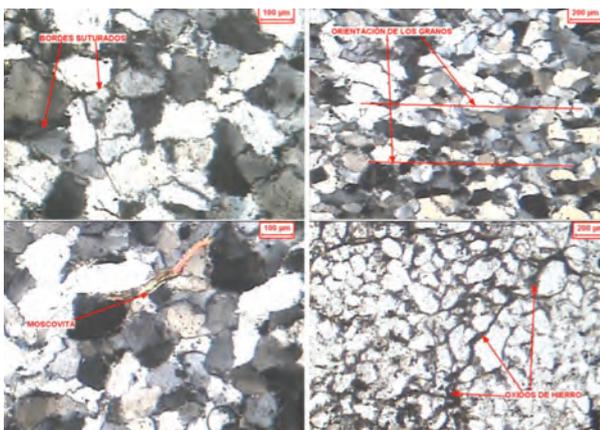


Figura 3: Cuarzita.

### 3.2 Evolución de los valores de CPA

El objetivo de esta parte del trabajo ha sido conocer como evoluciona el valor del CPA cuando el árido se somete a varios ciclos sucesivos del ensayo para determinar el valor del CPA en un primer ensayo y en los siguientes y comparar este

comportamiento con el que experimentará el mismo árido una vez tratado y sometido a la repetición del mismo ensayo. En la Figura 4 se representa la evolución del valor del CPA en los áridos iniciales al repetir este ensayo.

Es interesante destacar cómo tanto en la dolerita como en la cuarcita se produce una bajada importante en el valor del CPA desde el primer ciclo al tercero (aproximadamente un 15%), siendo menos acusada esta bajada en la dolomía (que presenta el valor inicial mas bajo de los tres). También hay que destacar que, en los ensayos realizados y para estos áridos, el valor de CPA se estabiliza a partir del segundo ciclo (excepto para la dolerita, cuya estabilización se produce a partir del tercer ciclo de ensayo). Estos valores de los diferentes ciclos nos van a permitir comparar el comportamiento a largo plazo de los áridos sin tratar con el comportamiento de los áridos tratados.

Para los áridos estudiados y de los resultados de CPA obtenidos (y basándonos únicamente en el CPA) aplicando la normativa actual prescrita en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) del Ministerio de Fomento de España, se puede concluir que sólo la cuarcita puede ser empleada en capas de rodadura para todas las categorías de tráfico pesado, mientras que la dolerita solo es utilizable en tráficos iguales o inferiores a la categoría T1, y la dolomía en ninguno de los casos. A partir de estos resultados se decide continuar el trabajo únicamente con los áridos de naturaleza dolomítica y dolerítica, pues el árido cuarcítico ya cumple por sí mismo las prescripciones, en cuanto al valor del CPA, para su uso con cualquier categoría de tráfico pesado.

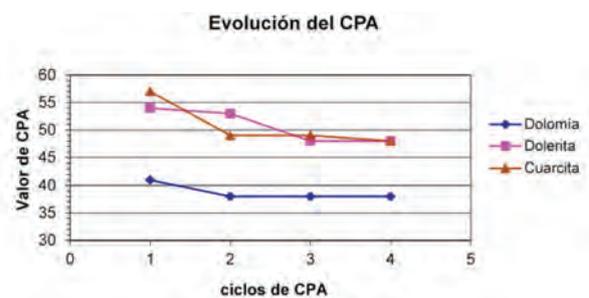


Figura 4: Evolución del CPA.

### 3.3 Porosimetría de Hg

Esta técnica permite conocer la estructura porosa del árido a partir del volumen de poros y su distribución (Macro y Me-

## Mejora de la resistencia al pulimento de áridos para la capa de rodadura de las carreteras

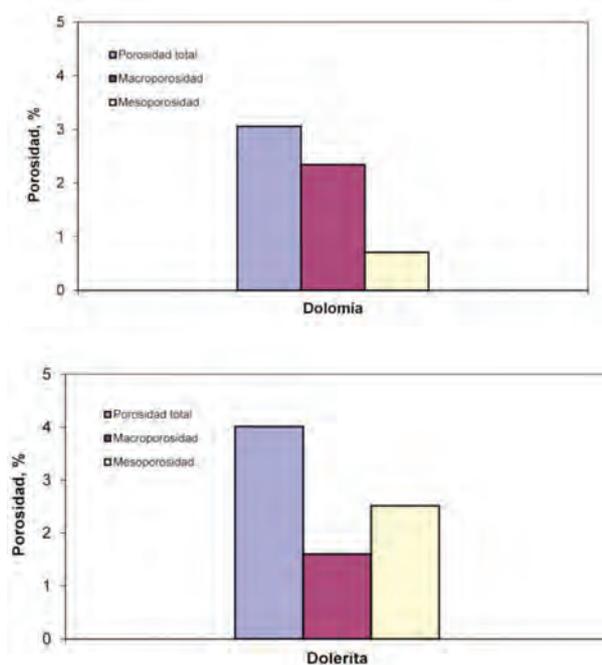


Figura 5: Porosidad.

so porosidad). Los resultados obtenidos se adjunta a continuación en la Figura 5.

### 3.4 Microscopía confocal

Esta técnica permite obtener imágenes de mayor nitidez y contraste, mayor resolución vertical y horizontal y la posibilidad de obtener “secciones ópticas” de la muestra, permitiendo su estudio tridimensional. Mediante la extracción de perfiles se pueden conocer parámetros de rugosidad.

A continuación, en la Figura 6, se presentan las imágenes obtenidas por microscopía confocal, donde se puede observar la distribución de picos y valles de la estructura superficial de los áridos de dolomía y dolerita. Al igual que en la técnica anterior se pueden comparar estas imágenes con las que obtendremos de los áridos tratados.

### 4. Selección de los tratamientos y realización de los mismos en el laboratorio

Una vez caracterizados los áridos de partida y en función de su morfología, se han definido diversos tipos de tratamientos, encaminados a modificar la microrrugosidad superficial de los áridos estudiados, para conseguir un valor inicial mayor del CPA.

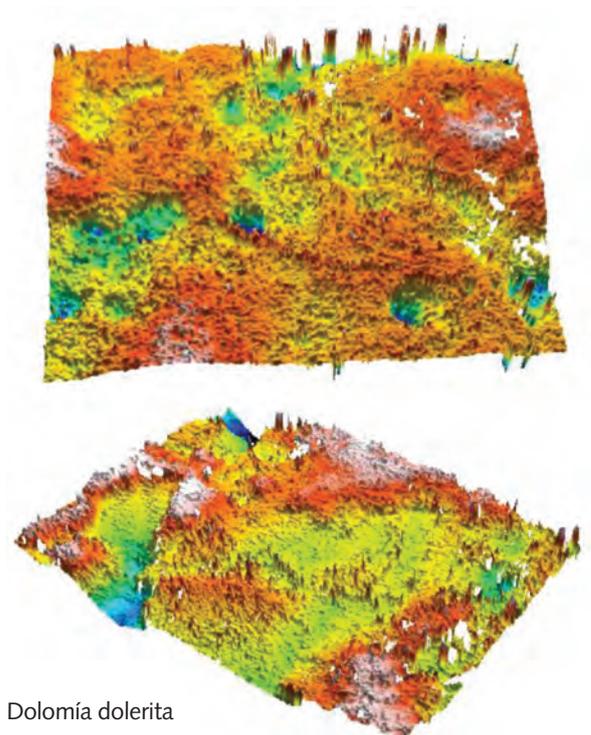


Figura 6: Microscopía confocal.

Los tratamientos realizados sobre los áridos se han dividido, en función de su forma de actuación, en tratamientos físicos y químicos. Los primeros, a su vez, han sido de tres tipos diferentes: tratamientos superficiales, térmicos y de abrasión.

Los tratamientos químicos tienen como objetivo la modificación tanto interna como externa de los áridos para cambiar sus propiedades. En este segundo grupo se han realizado dos tipos de tratamientos diferentes: tratamientos ácido-base y tratamientos mediante injerto de polímeros.

#### 4.1 Tratamientos físicos

Con estos tratamientos se trata de modificar (especialmente en la superficie) la estructura del árido, sin alterar su naturaleza, para crear nuevas microrrugosidades que incrementen el valor del CPA. Se han realizado tres tipos de tratamiento diferentes.

##### 4.1.1 Recubrimientos superficiales

Este tipo de tratamiento ha consistido en la utilización de diversas resinas de naturaleza polimérica que se adhieren a la superficie del árido, modificándola y mejorando inicialmente

el valor del CPA. En todos los casos la resina se ha aplicado con pincel en la proporción adecuada sobre la probeta del ensayo de determinación del CPA (Norma UNE EN 1097-8), como se aprecia en la figura 7. Se han empleado tres soluciones diferentes: resina estireno acrílica, resina bituminosa con látex y resina estireno acrílica con mástico.



Figura 7: Aplicación del recubrimiento superficial.

Una vez seca la probeta se ha realizado el ensayo de determinación del CPA en sucesivos ciclos para ver la efectividad y durabilidad del recubrimiento. Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 1 y en las figuras 8 y 9.

A pesar que, en general, en el primer ciclo de medida del CPA se obtiene valores mayores que los correspondientes a los áridos de partida, se detecta que para el segundo ciclo los valores ya se igualan a los del árido sin tratar para el caso de la dolerita y la tendencia parece la misma para el caso de la dolomía.

Ello puede ser debido a que durante el primer ciclo, el recubrimiento protege al árido del pulido, y cuando desaparece comienza el verdadero pulido del árido (en el caso de la dolo-

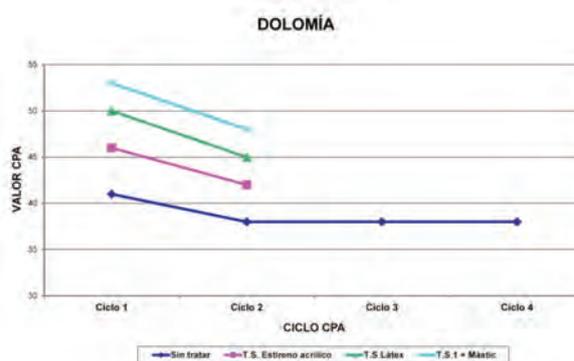


Figura 8: Evolución del CPA con recubrimiento superficial en la Dolomía.

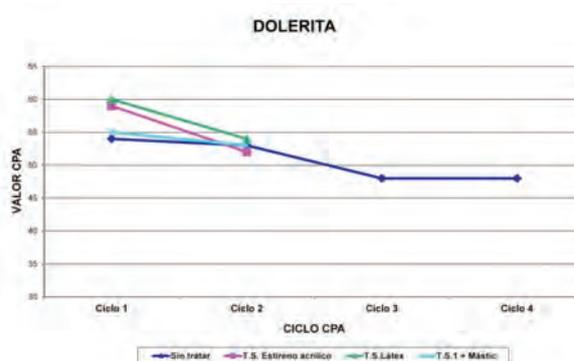


Figura 9: Evolución del CPA con recubrimiento superficial en la Dolerita.

mía el proceso parece más lento posiblemente por la mejor adherencia del recubrimiento al árido y por lo tanto con mayor período de protección). Por este motivo este tipo de tratamiento se considera que no es adecuado para el objetivo buscado y se deshecha esta línea de trabajo, al menos con los tratamientos superficiales estudiados, quedando abierta esta línea de investigación, para el futuro, con otros tipos de tratamientos.

Tabla 1. Valores del CPA obtenidos con distintos tratamientos superficiales.

Naturaleza	Valor inicial CPA	Resina estireno acrílica		Resina bituminosa con látex		Resina estireno acrílica con mástico	
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
Dolomía	41	46	42	50	45	53	48
Dolerita	54	59	52	60	54	55	53
Cuarcita	57	58	-	56	-	-	-

## Mejora de la resistencia al pulimento de áridos para la capa de rodadura de las carreteras



Figura 10: Tratamientos térmicos.

### 4.1.2 Tratamientos térmicos

El objetivo de este tratamiento es aplicar varios procesos de calentamiento-enfriamiento a los áridos buscando modificarlos estructuralmente y así poder modificar sus características físicas. El tratamiento consiste en sumergir en agua a temperatura ambiente los áridos, previamente limpios y secos, durante dos horas, para posteriormente introducirlos en una mufla a 700 °C o 900 °C durante tres minutos.

En la figura 10 se puede observar el aspecto del árido después de someterlo a estas temperaturas. En la Tabla 2 se recogen los valores obtenidos en el ensayo de determinación del CPA de los áridos tras someterlos a este tratamiento térmico.

De todos los tratamientos térmicos realizados, se puede observar que el único en el que se mejoran los resultados iniciales es en el tratamiento térmico de 700°C y para la dolerita, ya que la mejora que se produce en la dolomía es pequeña. Además, viendo que el tratamiento térmico a 900°C produce una bajada del valor de CPA, se plantea la duda de cuál sería el límite de temperatura en el cual se produce esta inversión, y si existiría la posibilidad de realizar este proceso de forma industrial con la fiabilidad suficiente. En este caso se toma la determinación de no realizar los siguientes ciclos de CPA, ya que los valores obtenidos no son muy esperanzadores.

### 4.1.3 Tratamientos de abrasión

El último tratamiento físico que se ha investigado ha consistido en someter el árido al efecto de una abrasión superficial. Se han utilizado dos procedimientos de abrasión diferentes. En el primero de ellos se somete al árido a una carga abrasiva de esferas de acero estandarizadas, para posteriormente tamizar el árido y seleccionar el tamaño para la realización del ensayo. En el segundo proceso se somete al árido de tamaño 6/12 a un rozamiento de las partículas entre sí introducidas en un recipiente de acero y sometidas a un número de giros determinado. La figura 11 recoge algunos detalles del ensayo realizado y en la tabla 3 aparecen los resultados obtenidos. En la figura 12 aparece el gráfico resumen de estos resultados.

Como se puede ver en el gráfico de la Figura 12 con este tipo de tratamiento, como lo hemos ejecutado y para los áridos utilizados, no se obtienen mejoras apreciables, con lo que se abandona esta línea de trabajo.

Tabla 2. Valores del CPA obtenidos con los tratamientos térmicos.

Naturaleza	Valor inicial CPA	CPA con tratamiento térmico a 700 °C	CPA con tratamiento térmico a 900 °C
Dolomía	41	44	39
Dolerita	54	58	56
Cuarcita	57	56	-



Figura 11: Tratamiento de abrasión.

#### 4.2 Tratamientos químicos

Los tratamientos químicos consisten en la modificación interna y externa de los áridos para conseguir modificar sus propiedades iniciales. Esta modificación depende de una serie de propiedades intrínsecas, como son la textura, porosidad, rugosidad y fractalidad. Estos tratamientos se han aplicado solo a los áridos dolomíticos y doleríticos que presentan unos valores iniciales del CPA mas bajos (en el caso de la dolomía, no se permite su utilización, en capa de rodadura, para cualquier categoría de tráfico pesado).

#### TRATAMIENTO POR ABRASIÓN

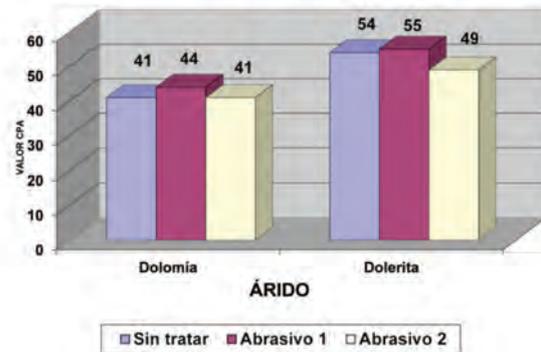


Figura 12: Evolución del CPA con tratamientos de abrasión.

Se han realizado dos tipos de tratamientos químicos. En el primero se produce un ataque a la superficie del árido mediante tratamientos de ácido o base, según la composición química del árido. En el segundo tipo se provocan reacciones de polimerización sobre la superficie del mismo para incrustar elementos que incrementen el valor del CPA de una forma importante y duradera en el tiempo.

A continuación se describen ambos tratamientos realizados con detalle, así como los resultados obtenidos.

##### 4.2.1 Tratamientos Ácido o Base

En este caso se trata de variar la estructura interna del árido sometiéndoles a un tratamiento con "ácido clorhídrico" (para el árido dolerítico) o con "hidróxido sódico" (para el árido dolomítico) a diferentes concentraciones. La estructura del árido se estabiliza sometiéndolo a ciclos de humedad/sequedad, es decir, secando el árido tras inmersión y devolviéndolo a continuación de nuevo a la disolución, repitiendo este proceso varias veces. Los áridos tratados químicamente reaccionan cambiando la estructura interna modificando sus propiedades, tales como radios, dimensiones fractales y volumen de poros. Estos cambios se estudian mediante las técnicas analíticas, an-

Tabla 3. Valores del CPA obtenidos con los tratamientos de abrasión.

Naturaleza	Valor inicial CPA	CPA con abrasivo 1	CPA con abrasivo 2
Dolomia	41	44	41
Dolerita	54	55	49

## Mejora de la resistencia al pulimento de áridos para la capa de rodadura de las carreteras

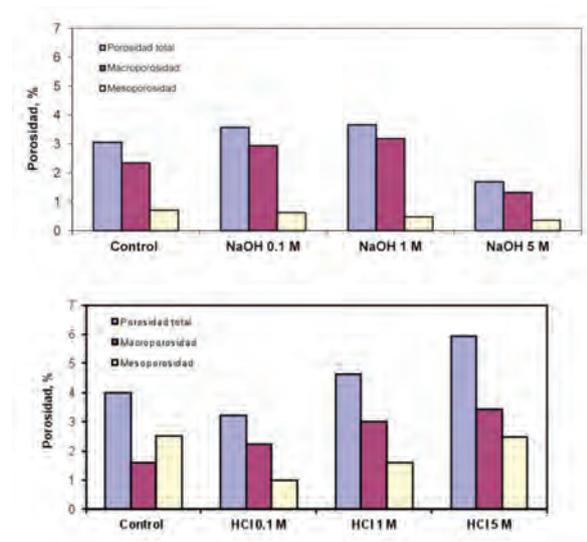


Figura 13: Evolución de la porosimetría en los tratamientos químicos de ácido o base.

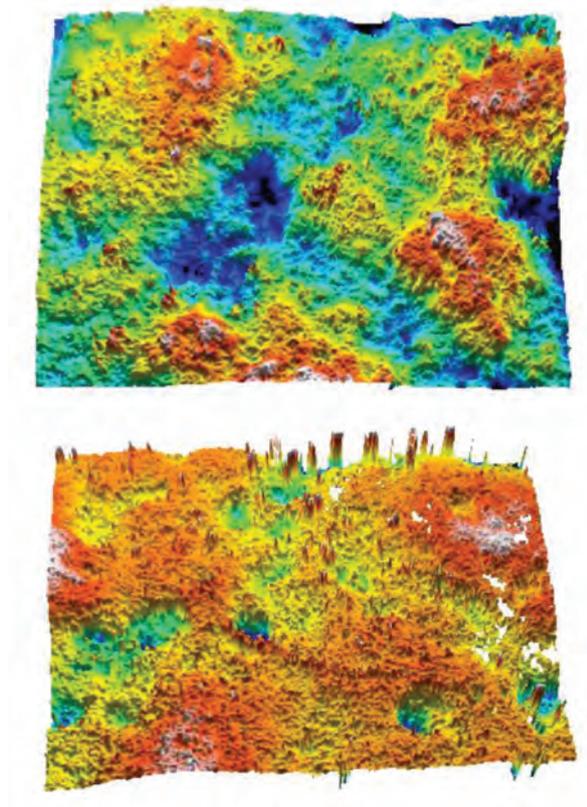


Figura 14: Microscopía confocal de la Dolomía tratada y sin tratar.

tes ya utilizadas, de Porosimetría de Mercurio e imágenes de microscopía confocal. En las figuras 13, 14 y 15 se pueden apreciar los resultados obtenidos en cada caso.

Tal y como se observa en los gráficos de la Figura 13, las características de la estructura interna del árido se han modi-

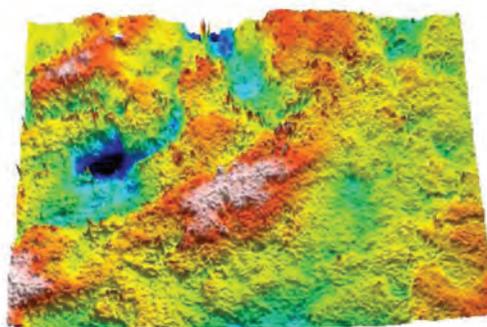


Figura 15: Microscopía confocal de la Dolerita tratada y sin tratar

ficado, de forma diferente en función de la concentración de la disolución, incrementando o disminuyendo la porosidad total, así como las proporciones entre la meso y la macro porosidad.

En estas cuatro imágenes se puede apreciar claramente la modificación que han experimentado el árido dolomítico y el dolerítico al ser tratados con soluciones básicas y ácidas respectivamente

Tras la comprobación de que se han producido modificaciones estructurales en la composición del árido el siguiente paso ha sido comprobar si estas modificaciones han influido en el valor del CPA del árido y como evoluciona en el tiempo al someterlos repetidas veces al ensayo descrito en la norma UNE EN 1097-8 para la determinación del CPA de un árido.

En las tablas 4 y 5 se han recogido los resultados obtenidos y en las figuras 16 y 17 se han representado gráficamente estos resultados.

Como se puede ver en la tabla 4 y en la figura 16, para el árido dolomítico, tratado con hidróxido sódico, en todos los casos la modificación estructural sobre el árido ha mejorado sus valores de CPA, tanto inicialmente, como a lo largo de los tres primeros ciclos. Esto puede llevar a pensar que el tratamiento, en este caso, ha producido efectos positivos y durade-

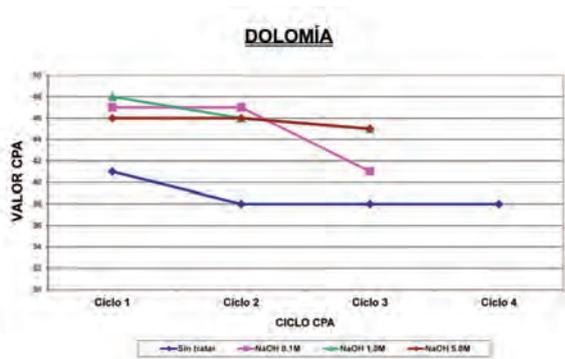


Figura 16: Evolución del CPA con tratamientos de una base a diferentes concentraciones.

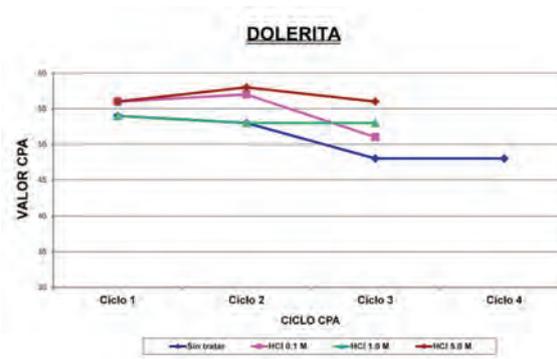


Figura 17: Evolución del CPA con tratamientos de un ácido a diferentes concentraciones.

ros sobre el árido, haciendo que, por los valores obtenidos de CPA, este árido pueda emplearse en capas de rodadura para determinadas categorías de tráfico pesado (T32 e inferiores).

También se puede observar que el tratamiento óptimo es con NaOH 1M, ya que si la concentración es menor, el valor del CPA desciende bruscamente en el tercer ciclo, mientras que una concentración mayor no produce grandes mejoras ni en el valor de CPA ni en su durabilidad.

En la tabla 5 y en la figura 17 se analizan los datos obtenidos con el tratamiento químico de la dolerita con ácido clorhídrico a diferentes concentraciones, se puede ver que los valores de CPA mejoran de forma considerable, especialmente

para la concentración más alta de ácido clorhídrico, y que también se produce un menor descenso en el tiempo de su valor de CPA que para el árido original, lo cual nos indica que el tratamiento ha provocado los resultados buscados. Todas estas modificaciones estructurales del árido se han corroborado mediante el cambio de la porosidad y mediante imágenes de microscopía confocal.

#### 4.2.2 Tratamientos mediante injerto de polímeros

Para este tratamiento, mediante acción mecánico-química e injerto de polímeros, se han utilizado exclusivamente los ári-

Tabla 4. Valores del CPA del árido dolomítico tratado con una base a diferentes concentraciones.

	Dolomía (CPA 41)		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
NaOH 0.1 M	47	47	41
NaOH 1.0 M	48	46	45
NaOH 5.0 M	46	46	45

Tabla 5. Valores del CPA del árido dolerítico tratado con un ácido a diferentes concentraciones.

	Dolerita (CPA 54)		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
HCl 0.1 M	56	57	51
HCl 1.0 M	54	53	53
HCl 5.0 M	56	58	56

## Mejora de la resistencia al pulimento de áridos para la capa de rodadura de las carreteras

dos de naturaleza caliza (dolomía) que presentan un valor inicial de CPA 41, el menor de todos, que no permite su utilización para ninguna categoría de tráfico pesado. El injerto del polímero en los áridos se produce a través de una reacción de polimerización entre los áridos de naturaleza caliza y un polímero capaz de provocar la reacción, favorecida por la agitación de los áridos y por la adición de un agente de iniciación.

Se han estudiado varias posibilidades de injerto con distintas proporciones de polímero así como la adición de otras sustancias como el polvo de neumático de pequeña granulometría para aumentar la elasticidad del polímero y evitar la estructura de cristal quebradizo que puede adquirir el polímero al solidificar. El esquema general de las reacciones que se producen aparece recogido en la figura 18.

Para observar el cambio que sufren los áridos dolomíticos con un tratamiento de injerto de polímero y polvo de neumáticos envejecidos fuera de uso (NFU), se han evaluado sus propiedades superficiales mediante porosimetría de mercurio, microscopía petrográfica y microscopía confocal.

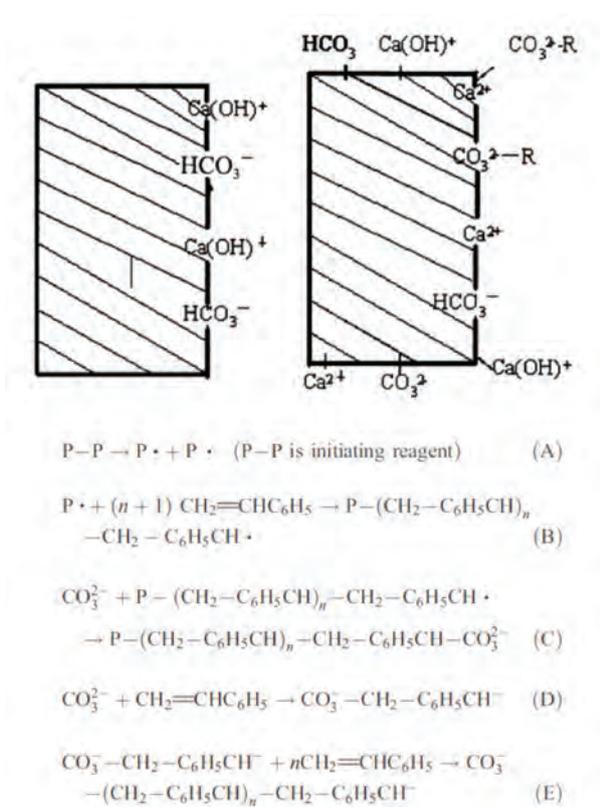


Figura 18: Esquema general de las reacciones en el tratamiento mediante injerto de polímeros.

En las figuras 19, 20 y 21 se pueden observar los resultados obtenidos.

Una vez realizado el tratamiento y con el árido obtenido, se ha realizado la determinación del valor del CPA mediante la norma UNE EN 1097-8 en varios ciclos consecutivos para valorar la efectividad del tratamiento. Los resultados obtenidos se han recogido en la tabla 6 y en la figura 22.

Se puede observar que los resultados obtenidos de CPA se han mejorado de forma muy importante, desde el primer ciclo de CPA y manteniéndose tras varios ciclos.

Hay que destacar la influencia de la aportación del polvo de neumáticos en la mezcla, ya que permite incrementar el resultado del CPA en el primer ciclo de una forma importante (alrededor de 5 puntos respecto al injerto solo de polímero), aunque esta ventaja se diluye con el número de ciclos (quizás por la posible pérdida de partículas de polvo de neumáticos). También indicar que en los áridos injertados con el 10% de polímero se producen mejoras, aunque no de forma sustancial, perdiéndose esta diferencia en el tercer ciclo de CPA.

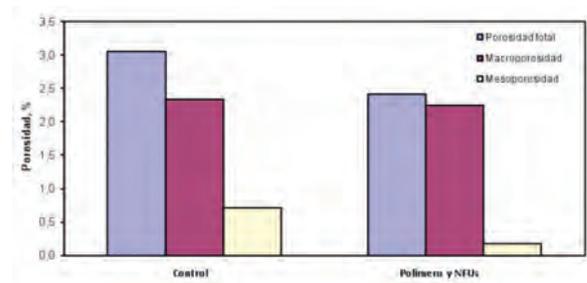


Figura 19: Porosimetría del árido dolomítico tratado con polímero y NFU's y el árido de control.

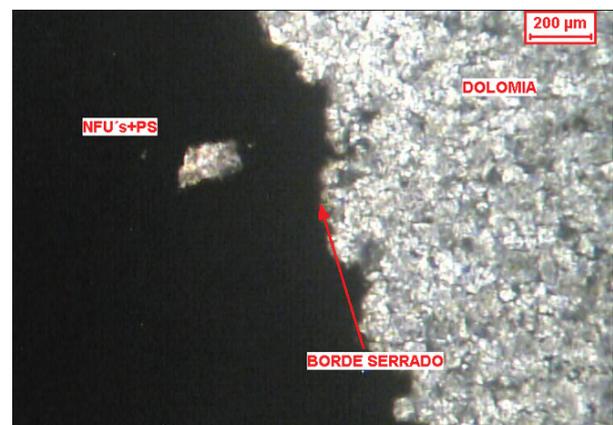


Figura 20: Petrografía de árido dolomítico con injerto de polímero y NFU's.

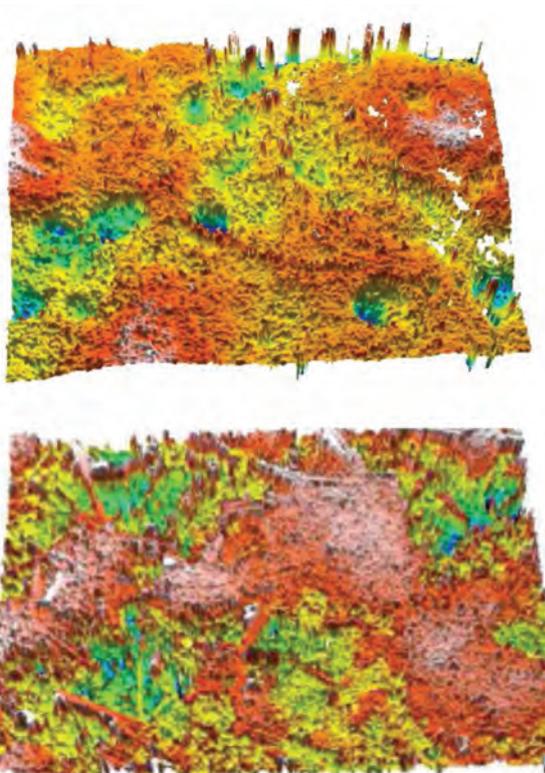


Figura 21: Microscopía confocal del árido dolomítico tratado con polímero y NFU's y sin tratar.

Tras los estudios de porosimetría de mercurio y la microscopía confocal, se ha podido observar que con este tratamiento se producen modificaciones permanentes en la estructura interna de los áridos tratados, así como también se ha podido comprobar que los injertos quedan perfectamente adheridos a la superficie de los áridos tras la reacción química producida, quedando este hecho patente por la evolución del CPA de los áridos tratados tras varios ciclos.

Por último, en la Figura 23 se han representado el comportamiento tras varios ciclos del ensayo de determinación del CPA (Norma UNE EN 1097-8) de los tres áridos estudiados.

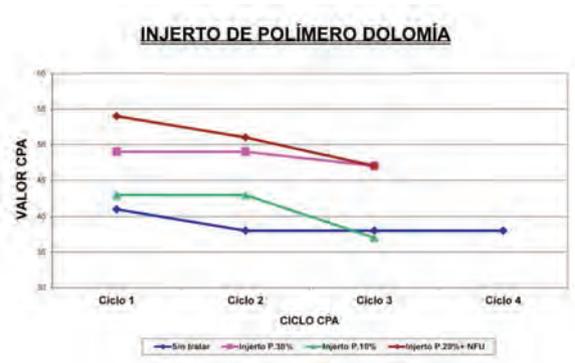


Figura 22: Evolución del CPA con tratamientos de injerto de polímero.



Figura 23: Evolución del CPA de los tres áridos sin tratar y del árido dolomítico tratado con injerto de polímero y NFU's.

Tras el análisis de todos los resultados obtenidos en el proyecto de investigación realizado, parece que las líneas con más posibilidades de éxito son los tratamientos químicos sin tratar y del árido dolomítico tratado con injerto de polímero y polvo de caucho de NFU. El árido dolomítico (con un valor del CPA de 41) pasa a comportarse, en cuanto a este ensayo, como el árido dolerítico y su evolución, en los sucesivos ciclos de ensayo, es análoga a la de este mismo árido y de la cuarzita.

Tras el análisis de todos los resultados obtenidos en el proyecto de investigación realizado, parece que las líneas con más posibilidades de éxito son los tratamientos químicos

Tabla 6. Valores del CPA del árido dolomítico tratado con polímero y aditivos a diferentes ciclos.

	Dolerita (CPA 41)		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
Polímero 30%	49	49	47
Polímero 10%	43	43	37
Polímero 20% + NFU's	54	51	47

## Mejora de la resistencia al pulimento de áridos para la capa de rodadura de las carreteras

cos, tanto con el tratamiento ácido o base como con el de injertos.

Hay que destacar que, con este tipo de tratamiento, un árido que no podía ser empleado en capa de rodadura con la normativa actual, podría emplearse para todos los tráfi-cos excepto para los T00 y T0, de forma que su aprovecha-miento para capa de rodadura se incrementa de forma muy importante.

### 5. Empleo de los áridos tratados en la mezcla bituminosa

Una vez comprobado que algunos de los tratamientos reali-zados mejoran el valor del CPA tanto a corto como a medio y largo plazo, se plantea la necesidad de comprobar que estas modificaciones estructurales provocadas en los áridos no per-judican a las características mecánicas de las mezclas bitumi-nosas en caliente fabricadas con ellos.

Para ello el siguiente paso ha sido seleccionar los trata-mientos que se consideran que han mejorado considerable-mente las características del árido y fabricar con estos áridos tratados diferentes tipos de mezcla, para intentar comprobar que el tratamiento realizado no afecta a las características fi-nales de la mezcla.

De todos los tratamientos realizados se han selecciona-do tres incluidos en el grupo de tratamientos químicos. Son los áridos dolomíticos tratados con hidróxido sódico con-centración 1M, áridos doleríticos tratados con ácido clor-hídrico concentración 1M y finalmente los áridos injerta-dos, tratados con el 20% de polímero y NFU's. Respecto a los tipos de mezclas, se han seleccionado dos, empleadas habitualmente en capas de rodadura, que son la AC16 S surf y la BBTM 11A.

De los resultados obtenidos se puede confirmar que las mezclas fabricadas con los áridos tratados tienen un compor-tamiento similar (y en algunos casos mejor) que las mezclas fabricadas con áridos sin tratar, especialmente en el ensayo de sensibilidad al agua con los áridos tratados con polímeros (quizás generado por la influencia del polímero y del polvo de neumáticos en la superficie del árido).

En las tablas 7 y 8 se muestra un resumen de los resulta-dos obtenidos en aquellos ensayos de caracterización de mez-clas bituminosas en caliente que, por sus características, se podrían haber visto afectados por la modificación introducida

en los áridos mediante los tratamientos químicos descritos. En concreto se recogen los ensayos de sensibilidad al agua según la norma UNE EN 12697-12 (Resistencia conservada) y la deformación permanente según la norma UNE EN 12697-22, empleando el dispositivo pequeño, el procedi-miento B en aire, a una temperatura de 60°C y con una dura-ción de 10.000 ciclos (WTS AIRE).

### 6. Conclusiones

Una vez finalizado el trabajo de investigación que hemos des-arrollado en el Proyecto Fénix relativo a la mejora del CPA de áridos para ser utilizados en mezclas bituminosas en calien-te, los resultados obtenidos nos permiten llegar a las conclu-siones siguientes:

- Es posible modificar la estructura interna de los áridos con diferentes tratamientos (tanto físicos como químicos) me-jorando su resistencia al pulimento y por lo tanto mejo-rando de forma sustancial los valores de CPA obtenidos para dichos áridos.
- Los tratamientos físicos mejoran el valor del CPA en el pri-mer ciclo de ensayo, pero no se mantienen cuando se aplican más ciclos de CPA al árido.
- A la vista de los resultados, parece que los tratamientos químicos ofrecen mejores resultados, tanto en el incre-mento del valor del CPA como en la duración de este va-lor a lo largo de los diferentes ciclos y por tanto en el tiempo de uso en la carretera.
- Estas modificaciones han podido ser corroboradas por di-ferentes técnicas, pudiendo relacionarse las modificacio-nes estructurales realizadas con sus cambios en las carac-terísticas físicas de los áridos.
- Los mejores resultados para el árido dolomítico en el pri-mer ciclo de CPA se obtienen con el injerto con políme-ros y NFU, aunque para el tercer ciclo se iguala éste con el tratamiento químico con NaOH 1M, siendo éste último más económico.
- Se confirma que es posible la fabricación de mezclas bi-tuminosas con los áridos tratados, obteniendo mezclas que no sufren pérdidas en la calidad.

Todo el estudio se ha realizado a nivel de laboratorio. Pa-ra completarlo se deberá comprobar a escala real, en tramos de ensayo, que esta mejora del valor inicial del CPA repercu-

Tabla 7. Mezcla bituminosa en caliente tipo AC16S con árido dolomítico tratado y sin tratar.

Ensayo	Mezcla tipo AC16		
	Dolomía no tratada	Dolomía + NaOH 1M	Dolomía + Pol + NFU
Resistencia Aire (MPa)	2,89	2,60	2,20
Resistencia inmersión (MPa)	2,54	2,41	2,44
Resistencia conservada (ITSR, %)	87,9	89,6	111,2

Tabla 8. Mezcla bituminosa en caliente tipo BBTM 11A con áridos dolomítico y dolerítico tratados y sin tratar.

Ensayo	Mezcla tipo BBTM 11A				
	Dolomía no tratada	Dolomía + NaOH 1M	Dolomía + Pol + NFU	Dolerita no tratada	Dolerita + HCl 1M
Resistencia aire (MPa)	2,04	2,11	1,37	2,09	2,44
Resistencia inmersión (MPa)	1,88	1,72	1,45	1,58	2,34
Resistencia conservada (ITSR, %)	92,2	81,7	106,3	75,5	96,1
WTS Aire (mm/1.000 ciclos)	0,17	0,09	-	0,06	0,04

te en un mejor comportamiento del pavimento en cuanto a resistencia al deslizamiento y que esta mejora se mantiene en el tiempo durante un periodo que justifique su utilización en las carreteras sin riesgo para la seguridad de los usuarios.

## 7. Agradecimientos

La realización de este estudio, dentro del Proyecto Fénix 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 desean expresar también su agradecimiento a la agrupación de investigación estratégica del Proyecto Fénix, que ha permitido poder desarrollar el trabajo que aquí se presenta en la línea de investigación estratégica en carreteras más seguras y sostenibles.

## 8. Referencias

- Grzegorz Jozefaciuk, Cezary Slawinski, Evgenij Vrzhashch. 2008. Changes in textural properties of selected minerals under acid and alkali treatment from mercury intrusion porosimetry.
- Wei Wu, Shou-Ci Lu, 2003. Mechano-chemical surface modification of calcium carbonate particles by polymer grafting.
- Abell, A.B., Willis, K.L., Lange, D.A., 1999. Mercury intrusion porosimetry and image analysis of cement-based materials. Journal of colloid and interface science.
- UNE EN 1097-8:2010 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8, Determinación del coeficiente de pulimento acelerado.
- PG-3 Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Art 542 y 543.
- S.L. Zheng, Surface modification of powder, China Construction Material Pres.

# Mecánica Científica S.A.

Fabricante de equipos para Ingeniería Civil



Distribuidor en España de : **ARRB, ASFT, GRONTEMIJ**

## ASFT

*Líder Mundial en Equipos para la Medida Continua del Coeficiente de Fricción en Pavimentos*

“Correlación con el Péndulo Británico y con el SCRIM”



## ARRB

*Soluciones Integrales para el Pavimento:*

Perfil Longitudinal  
Rugosidad (IRI)  
Perfil Transversal  
Macrotextura, etc...

## GRONTEMIJ

*Líder en Deflectómetros de Impacto*

Amplia experiencia en evaluación y análisis de todo tipo de pavimentos



**S** *i desea más información contacte con nosotros*

Madrid, C/. Fundidores, 14. Pol. Industrial Los Ángeles, 28906 - Getafe. e-mail: info@mecacisa.com • Tel: 91 696 21 15 • Fax: 91 682 68 98  
Barcelona, C/. J. Lamote de Grignon, 28. 08850 - Gavá. e-mail: delegacion.bcn@mecacisa.com • Tel: 93 261 12 52 - 667 39 75 09

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

# Deterioros en los pavimentos. Influencia en la seguridad vial

## 5.- Pavimento deslizante

### *Descripción del defecto:*

Pérdida de las características superficiales que permiten una correcta adherencia entre el neumático y el pavimento debido a las causas siguientes:

- Superficie pulimentada, presentando un aspecto especular.
- Textura lisa o poco rugosa.
- Mal drenaje. Cualquier pavimento puede volverse deslizante con lluvia intensa.

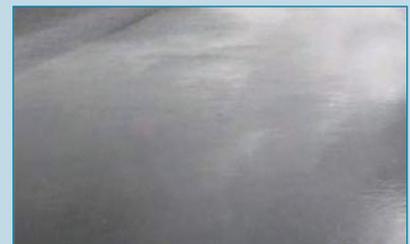
### *Influencia en la seguridad vial:*

Pérdida del control del vehículo, especialmente a altas velocidades y con el pavimento mojado, pudiendo producirse el fenómeno conocido como hidropneumático, consistente en la ausencia de contacto del neumático y el pavimento, debido a la presencia de una lámina de agua interpuesta, provocando el riesgo de un accidente por salida de la calzada o por alcance a otro vehículo.

### *Reparación del defecto:*

Dependiendo de las causas del deterioro, la reparación puede consistir en alguna de las siguientes:

- Realizar un "texturado" de la superficie, mediante sistemas de agua a presión, de granallado o de microfresado.
- Extender una nueva capa de material bituminoso más rugosa.
- Mejorar el drenaje para facilitar la evacuación del agua existente en la superficie del firme.



## 6.- Curva mal peraltada

### *Descripción del defecto:*

Peralte insuficiente, inexistente o, incluso, de sentido contrario (contraperalte) en curvas. El peralte es la inclinación transversal, hacia el interior, que debe tener una carretera en las curvas para compensar la tendencia del vehículo a salirse de la carretera.

### *Influencia en la seguridad vial:*

La inexistencia del peralte necesario reduce la velocidad máxima a la que pueden abordar los vehículos la curva en condiciones de comodidad y seguridad, pudiendo causar la salida y pérdida de control de los vehículos, con el consiguiente accidente.

### *Reparación del defecto:*

Reconstrucción de la plataforma, para proporcionarle, en la curva, el peralte necesario para circular con comodidad y seguridad.





## 7.- Hundimiento

### Descripción del defecto:

Diferencia de nivel localizadas. Ocasionalmente generan desniveles importantes y bruscos. Se producen por alguna de las causas siguientes:

- Falta de compactación de esa capa o las inferiores.
- Deterioros localizados por defectos de drenaje.
- Fallos localizados en terraplenes.
- Fallos en terreno natural

### Influencia en la seguridad vial:

Diferencias de nivel que pueden ocasionar pérdida de adherencia neumático-pavimento, pérdidas de control de vehículo, averías... La presencia en la carretera de este deterioro suele producir maniobras bruscas por parte del conductor, bien frenando fuertemente o bien tratando de esquivarlo. En ambos casos existe un riesgo alto de accidente. Con lluvia existe el peligro de formación de charcos y el consiguiente riesgo de hidroplaneo.

### Reparación del defecto:

La presencia de estas diferencias de nivel hace que la acción de las cargas de tráfico sobre la estructura de pavimento sea mucho más agresiva que en condiciones normales de circulación. Por esta causa y por el riesgo que supone para la seguridad vial es recomendable, como en todos los casos, su reparación inmediata. Si el deterioro se encuentra estabilizado, se recomienda rellenarlo con MBC para recuperar la rasante. En caso contrario, es recomendable reparar la zona afectada mediante fresado y recuperar la rasante inicial mediante la reposición con MBC.



## 8.- Escalones

### Descripción del defecto:

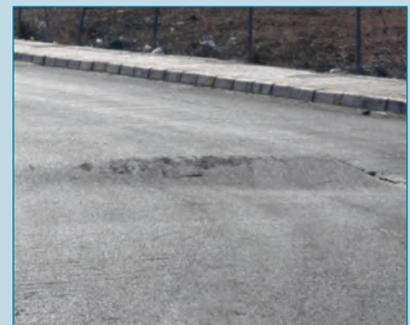
Sobreelevación de la vía sobre la que se circula, provocando desplazamientos verticales, en el momento de alcanzar el defecto, bien por impacto directo de los neumáticos, bien por caída.

### Influencia en la seguridad vial:

Produce desplazamientos del vehículo, con una posible pérdida del control del vehículo, en caso que el escalón quede ubicado en una zona de curva, el riesgo se incrementa de forma considerable, ya que en la mayoría de los casos no es visible con la suficiente antelación. En condiciones de lluvia se forman charcos, con el consiguiente riesgo de hidroplaneo (pérdida de adherencia del vehículo por lamina de agua entre neumático y pavimento).

### Reparación del defecto:

Para la reparación se debe realizar el fresado de la zona afectada, así como las zonas anteriores y posteriores al defecto, para posteriormente pavimentar con la mezcla bituminosa adecuada, regularizando la superficie de forma correcta.



## 9.- Descarnaduras

### Descripción del defecto:

Deterioro en la capa de rodadura con la pérdida de áridos, detectable visualmente.

### Influencia en la seguridad vial:

Este tipo de deterioro, en su fase inicial, la incidencia en la seguridad vial para los vehículos no es significativa (rodada menos cómoda), pero si no se toman medidas este defecto evoluciona por acción del tráfico, lluvia, etc, a un bache y entonces sí que tenemos riesgos para la seguridad vial (ver ficha 11). Para los motoristas es peligroso incluso en estado inicial. La presencia de gravilla suelta en el pavimento supone un peligro por la posible proyección de la misma contra otros vehículos y peatones (en vías urbanas).

### Reparación del defecto:

Al inicio del defecto, un tratamiento superficial, por ejemplo una lechada bituminosa, evita la progresión del mismo y devuelve la comodidad de rodadura inicial. En este caso también es solución, pero de mayor coste, el fresado y reposición con una mezcla bituminosa análoga a la inicialmente existente. Cuando el defecto es generalizado, se debe eliminar por fresado toda la capa en mal estado, incluso al menos un centímetro de la capa inferior, y reponerla con una mezcla bituminosa nueva similar a la inicialmente existente, para tener continuidad en todo el pavimento.



## 10.- Ondulaciones

### Descripción del defecto:

Deformación del perfil longitudinal con crestas y valles espaciados a distancias cortas. A veces se acompañan con grietas semicirculares o curvadas

### Influencia en la seguridad vial:

Supone un riesgo de pérdida de estabilidad y adherencia en el vehículo al alterar anormalmente el trabajo de las suspensiones y mantenimiento del correcto contacto neumático-pavimento. el riesgo para las motos es sensiblemente mayor que para los vehículos de cuatro ruedas o más.

En caso de lluvia se puede acumular agua, añadiendo peligro de deslizamiento por hidropneumático (pérdida del contacto neumático pavimento por formación de lamina de agua interpuesta).

Todos los peligros descritos aumentan en caso de estar el defecto situado en zona de curva.

Altera el confort de los usuarios y afecta a la durabilidad mecánica del vehículo

### Reparación del defecto:

La reparación pasa por eliminar la capa deteriorada en su totalidad y sustituirla por una nueva con un perfil y planeidad correcta.





## 11.- Bache

### Descripción del defecto:

Cavidad localizada con cierta profundidad producida en la calzada, de forma irregular y de diferentes tamaños.

### Influencia en la seguridad vial:

Peligro de accidente, tanto al intentar esquivarlo como si se pisa, por pérdida del control del vehículo. Riesgo de accidente especialmente grave para los motoristas. Peligro de rotura de alguna pieza del vehículo, reventón de rueda, amortiguador, etc.

### Reparación del defecto:

Dependiendo del tamaño del bache el tratamiento puede ser:

- Si es un bache aislado y pequeño rellenar el bache mediante mezcla bituminosa en frío (reparación rápida y provisional hasta realizar un tratamiento definitivo).
- Para cualquier otro tipo del defecto (bache grande o un conjunto de baches muy próximos entre sí), el tratamiento mas adecuado sería fresar y reponer con una nueva capa de mezcla bituminosa para la capa de rodadura en la zona afectada.



## 12.- Arcén en mal estado

### Descripción del defecto:

El arcén es la franja longitudinal pavimentada de la carretera, contigua a la calzada, no destinada al uso de vehículos más que en circunstancias excepcionales. El defecto consiste en la inexistencia del arcén o cuando presenta un ancho mínimo (inferior a 1,50 metros). El defecto puede consistir también en el deterioro o desaparición del arcén, especialmente cuando está construido con materiales granulares. La importancia del defecto es tanto mayor cuanto más elevada sea la IMD de la carretera.

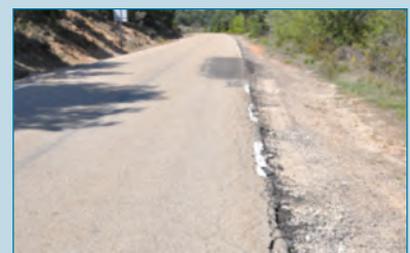
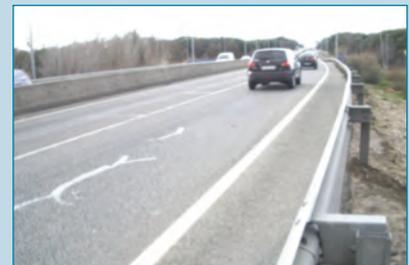
### Influencia en la seguridad vial:

La ausencia de un arcén de ancho adecuado o el deterioro del mismo cuando no está pavimentado, causa diversos problemas de seguridad vial en la carretera. El arcén sirve para la detención ocasional de los vehículos en caso de necesidad o avería, supone un margen de seguridad al ensanchar la plataforma (por ej.: pérdidas del control del vehículo), permite la circulación de vehículos lentos (tractores, ciclistas y en algunos casos peatones) y de servicios de emergencia, puede ser utilizado por el tráfico en circunstancias excepcionales (obras de conservación), acumulación de la nieve retirada, etc.

Este defecto favorece que se produzcan accidentes cuando un vehículo se encuentra detenido accidentalmente o por alcance contra vehículos más lentos o por atropello de ciclistas y peatones.

### Reparación del defecto:

Ensanche de la plataforma con mezcla bituminosa similar a la del resto de la calzada, para proporcionarle los anchos de arcenes adecuados a la carretera, necesarios para circular con comodidad y seguridad. Reparación o pavimentación con mezcla bituminosa, en el caso de arcenes pavimentados con materiales granulares.



# Estudio de algunos casos de fisuración descendente en carreteras españolas

Tradicionalmente se ha admitido que la mayor parte de las fisuras que aparecen en la superficie del pavimento procede de las capas inferiores, afectadas por la fatiga o por la retracción que acompaña al fraguado de materiales tratados con cemento. Sin embargo, en la última década diversos trabajos de investigación han puesto de manifiesto la relevancia de otro problema muy diferente: la iniciación de fisuras en la capa de rodadura que progresivamente van afectando a las capas inferiores.

En este artículo se muestran varios casos estudiados en carreteras españolas, en los que se ha constatado que las fisuras observadas en la superficie afectaban sólo a la capa de rodadura, aunque en algunos casos habían progresado, dañando ya la parte superior de la capa intermedia. Para caracterizar las mezclas asfálticas afectadas por este problema se extrajeron testigos, comprobando la granulometría de las mezclas, sus características mecánicas y el estado del ligante. Como resultado general puede concluirse que las mezclas afectadas tenían problemas de segregación granulométrica en vertical, y en todos los casos el ligante había envejecido sensiblemente, a pesar de tratarse de actuaciones algunas de ellas con sólo unos pocos años en servicio.

It has traditionally been accepted that most of the cracks that appear in pavement surfaces come from the lower layers, affected by fatigue or by the retraction that accompanies the hardening of cement-treated materials. However, in the last decade, different research projects have shed light on the relevance of another, very different problem: the beginning of cracks in the wearing course which progressively affect the lower layers.

This paper highlights various case studies conducted on Spanish roads in which it has been verified that the observed surface cracks affected only the wearing course, although in some cases they had progressed downward considerably, damaging the upper part of the binder layer. In order to characterise the type of asphalt mixes affected by this problem, pavement samples were extracted to verify the gradation of the mixes, their mechanical properties and the state of the binder. As a general result, it can be concluded that the affected mixes had problems of vertical particle size segregation and in all cases the binder had aged significantly, despite dealing with surfaces that in some cases have only been in service for a few years.

Juan Gallego Medina  
Miguel Ángel del Val Melús  
Ángel Sampedro Rodríguez  
Universidad Politécnica de Madrid

Jacinto Luis García Santiago  
Patricia Díaz Martín  
Sacyr, S. A. U.

## 1. Introducción

Tradicionalmente se ha admitido que la mayor parte de las fisuras que aparecen en la superficie del pavimento proce-

de de las capas inferiores, afectadas por la fatiga o por la retracción que acompaña al fraguado de materiales tratados con cemento. Con dicho enfoque las fisuras superficiales no serían más que la evolución o el reflejo de un problema originado en las capas inferiores. Sin embargo, en la última década diversos trabajos de investigación han puesto de manifiesto la relevancia de otro problema muy diferente: la iniciación de fisuras en la capa de rodadura que progresivamente van afectando a las capas inferiores. Es lo que se ha denominado fisuración descendente (*top-down cracking*).

Existen ya numerosos estudios sobre este fenómeno. Durante los trabajos de la Acción COST 333 en el marco de la

Comisión Europea se realizó una encuesta a las agencias de carreteras sobre los fallos observados con mayor frecuencia en los firmes [1]. El resultado mostraba que los fallos del tipo “agrietamiento longitudinal en la rodada” estaban por delante de los problemas de fatiga iniciada en el fondo de las capas bituminosas. Esa morfología longitudinal es propia de la fisuración descendente.

En 1997 el Departamento de Transportes de Colorado, en una obra de rehabilitación del firme semiflexible de la interestatal I-25, fresó un espesor de 8 cm de mezcla bituminosa y lo repuso con una nueva mezcla. A principios de 1998 ya se observaban fisuras en superficie. Varias campañas de toma de testigos y otros estudios pusieron de manifiesto que la fisuración longitudinal no era el resultado de la reflexión de fisuras desde las capas inferiores, sino que se había iniciado en la nueva capa bituminosa, es decir, se trataba de una fisuración descendente [2].

El Departamento de Transportes de Michigan también llevó a cabo estudios [3] para determinar la importancia del problema de la fisuración descendente, así como para establecer los factores con influencia en el fenómeno. Se seleccionaron 13 pavimentos flexibles y 5 pavimentos contruidos sobre capas tratadas con cemento, previamente demolidas y convertidas en capas de comportamiento granular (*rubblized pavements*). Como resultado del estudio se identificaron numerosos tramos con problemas de fisuración descendente y se observó cómo, igual que en el caso del estudio en Colorado, factores tales como la baja resistencia a tracción indirecta de la capa bituminosa, los defectos de compactación o la segregación de áridos aparecen frecuentemente en los casos de fisuración descendente.

Respecto a la relevancia de este mecanismo de fallo, autores como Myers et al. [4] y Croll [5] han llegado a afirmar que fallos tradicionales, como la fatiga o la fisuración reflejada, pueden comenzar también en superficie, hasta conectar con el deterioro de las capas inferiores.

En los apartados siguientes se presenta una metodología de estudio aplicada a varios casos de carreteras españolas en las que se han identificado fisuras descendentes y en las que mediante el correspondiente estudio de la mezcla bituminosa y del ligante que contiene se han establecido los factores que parecen acompañar a la aparición de fisuras descendentes en esos firmes.

### 2. Metodología de estudio y normas de ensayo.

Dado que se trata de un problema sobre el que sólo recientemente se ha tomado conciencia, se diseñó un protocolo de trabajo a seguir en todos los casos de estudio, de modo que los datos obtenidos fuesen homogéneos y comparables entre sí, a fin de poder establecer con mayor facilidad las tendencias observadas. El protocolo establecía los siguientes pasos:

1. Selección de los tramos sospechosos de sufrir fisuración descendente. Se identificaban a partir de la morfología de la fisuración observable en la superficie: fisuras longitudinales, relativamente rectilíneas aunque algo sinuosas, situadas a un lado de la rodada e incluso en la propia rodada. Cuando era posible, en la carretera se identificaban dos tramos: uno afectado y otro poco o nada afectado.
2. Campaña de extracción de testigos en el tramo afectado (y en el no afectado cuando existía). La testificación se realizaba según el croquis de la Figura 1. Se extraían testigos sobre la fisura (para comprobar si era descendente o ascendente, su profundidad y las capas afectadas), así como testigos cercanos a ella, pero fuera de su influencia, de modo que pudieran ensayarse dichos testigos mediante ensayos mecánicos sin que el resultado se viese afectado por una fisura preexistente. En el tramo no afectado el patrón de la campaña de testigos era similar en cuanto a la ubicación de los taladros, aunque sin fisura, naturalmente.
3. Estudio de la mezcla bituminosa de los testigos en la parte correspondiente a la capa de rodadura: densidad aparente (UNE-EN 12697-6), contenido de ligante (UNE-EN 12697-1 y UNE-EN 12697-3), granulometría de los áridos recuperados (UNE-EN 933-1) y resistencia a tracción indirecta (UNE-EN 12697-23). Para el estudio de la capa de rodadura se cortó ésta a mitad de espesor en el laboratorio, distinguiéndose así una semicapa superior y una semicapa inferior. Con ello se pretendían analizar por un lado las características de los centímetros superiores de la capa de rodadura, más expuestos a los agentes meteorológicos, y por otro la zona del fondo de esa capa.
4. Estudio del betún recuperado de los testigos: penetración (UNE-EN 1426), punto de reblandecimiento (UNE-

EN 1427), módulo de cizallamiento y ángulo de desfase (UNE-EN 1470) y punto de fragilidad Fraass (UNE-EN 12593). Se analizaron independientemente el betún extraído de la semicapa superior y el de la semicapa inferior.

5. Análisis de los resultados de cada caso, y posterior comparación entre ambos, para intentar identificar las propiedades o características de las mezclas y de los ligantes que acompañan a la aparición de la fisuración descendente.

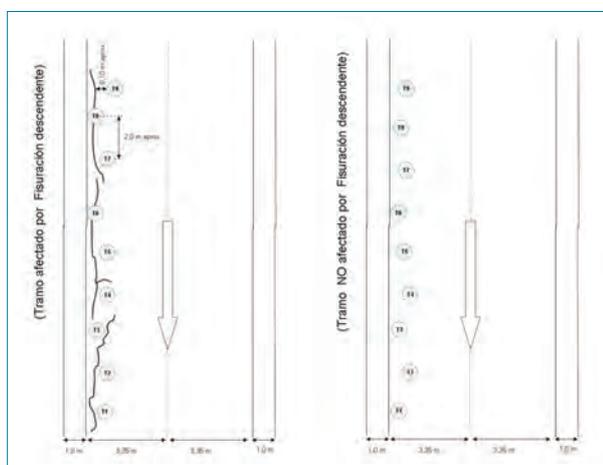


Figura 1. Esquema de localización de los testigos extraídos en el tramo afectado y en el no afectado.

### 3. Casos de estudio

El protocolo de trabajo anterior se aplicó a varias carreteras. No en todas fue posible encontrar un tramo afectado y otro no afectado. A continuación se presentan las características de los tramos estudiados y los resultados de los ensayos realizados sobre los testigos de mezcla bituminosa y sobre el betún extraído de ellos.

#### 3.1 Carretera C-681

Los tramos pertenecen a la carretera C-681, entre Tossa y Llagostera (Girona). El estudio se ha realizado en torno al p.k. 2+500, e incluye tanto un tramo afectado por fisuración descendente como un tramo aparentemente más sano. Se trata de una carretera convencional de dos carriles con un tráfico de intensidad media.

Los testigos tomados sobre fisuras del pavimento ponían de manifiesto que se trataba de fisuras descendentes puesto que no atravesaban todo el espesor del firme, sino que afectaban a la capa de rodadura y en algunos casos a la capa intermedia (figura 2).

Según se observa en esos testigos, el firme estaba constituido por unos 20 cm de mezclas bituminosas, distribuidos en tres capas sucesivas de espesores aproximadamente iguales, la de rodadura con áridos silíceos, y las dos inferiores con áridos calizos. La campaña de extracción de testigos la realizó la empresa Servià Cantó, una de las entidades participantes en el Proyecto Fénix.

Los ensayos realizados a los testigos mostraron que existía una segregación vertical del árido dentro de la capa de rodadura, más acentuada en el tramo afectado por fisuración descendente, observándose que la semicapa inferior tiene más gruesos que la semicapa superior y que en el tramo fisurado la mezcla era algo más gruesa que en el tramo no fisurado (figura 3).

Las densidades de las mezclas bituminosas en uno y otro tramo se muestran en la Tabla 1. Se observa que en ambos la densidad es muy similar. Este hecho no parece por lo tanto marcar diferencias.

Se evaluó también el contenido de ligante. Los resultados se presentan en la Tabla 2. Se observa que el contenido de ligante es similar en la capa de rodadura de ambos tramos, incluso mayor en el tramo fisurado.

Por lo que respecta a las características del ligante recuperado, la Tabla 3 presenta los valores obtenidos de penetración y de punto de reblandecimiento. En este sentido las características de las semicapas superiores son similares.

En cuanto a las características dinámicas del ligante, se realizaron ensayos de barrido de frecuencias a 52 °C con reómetro dinámico. Los valores del módulo de cizallamiento complejo ( $G^*$ ) y del ángulo de desfase ( $\delta$ ) se recogen en la Tabla 4. Se



Figura 2. Aspecto de la carretera C-681 y dos de los testigos extraídos.

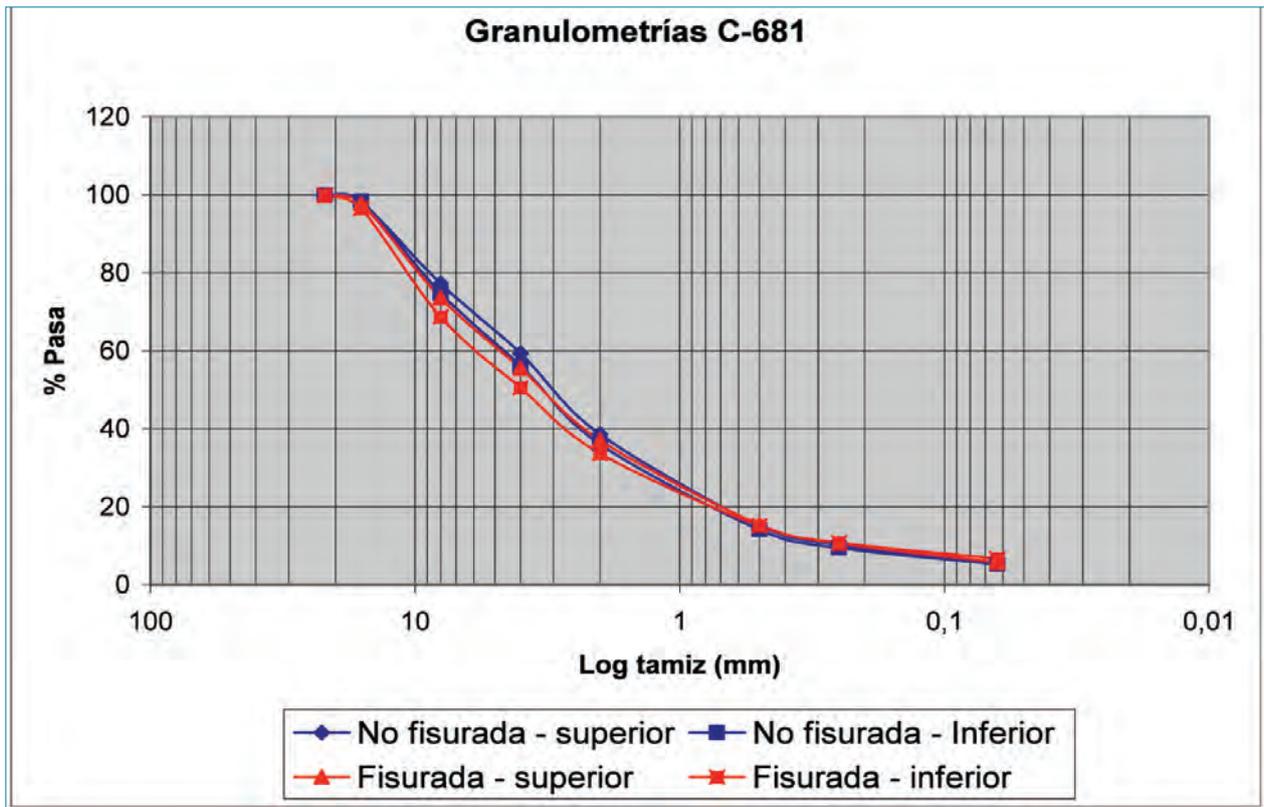


Figura 3. Granulometrías en la rodadura de la carretera C-681.

Tabla 1. Densidad de los testigos de la capa de rodadura (carretera C-681).

Tramo fisurado		Tramo no fisurado	
Nº testigo	Densidad (g/cm³)	Nº testigo	Densidad (g/cm³)
1	2,253	10	2,309
2	2,248	11	2,305
3	2,296	12	2,287
4	2,281	13	2,274
5	2,255	14	2,265
6	2,281	15	2,274
7	2,282	16	2,282
8	2,265	17	2,250
9	2,267	18	2,298
Media	2,270	Media	2,283
$\sigma^2$	0,016	$\sigma^2$	0,019

observa que los módulos son mayores en el betún del tramo fisurado, y los ángulos de desfase menores; ambos parámetros evidencian un mayor envejecimiento de ese ligante.

Para determinar el comportamiento a bajas temperaturas de los ligantes recuperados se realizó el ensayo Fraass. Los resultados se presentan en la Tabla 5. Al igual

Tabla 2. Contenido de ligante en los testigos de la capa de rodadura (carretera C-681).

Tramo fisurado		Tramo no fisurado	
Semicapa superior	Semicapa inferior	Semicapa superior	Semicapa inferior
4,57 %	4,78 %	4,52 %	4,67 %
4,675 %		4,595 %	

Tabla 3. Penetración y temperatura de reblandecimiento de los ligantes recuperados (carretera C-681).

	Tramo fisurado		Tramo no fisurado	
	Semicapa superior	Semicapa inferior	Semicapa superior	Semicapa inferior
Penetración (10 <sup>-1</sup> mm)	14,7	19	14	N.D.
Temperatura de anillo y bola (°C)	71	66,8	72	N.D.

Tabla 4. Módulo de cizallamiento complejo y ángulo de desfase (carretera C-681).

		Tramo fisurado		Tramo no fisurado	
	Frecuencia (Hz)	Semicapa superior	Semicapa inferior	Semicapa superior	Semicapa inferior
G* (kPa)	0,1	37	16	18	N. D.
	1	196	93	110	
	10	841	456	542	
δ (°)	0,1	69	72	74	N. D.
	1	61	65	66	
	10	48	55	54	

que ocurría con los valores de G\* y δ la temperatura de fragilización muestra que el betún del tramo fisurado es más frágil, rompiéndose a una temperatura 5 °C más alta que el del tramo no fisurado, lo que de nuevo evidencia que ha envejecido más (puesto que inicialmente se trataba del mismo betún).

En lo que se refiere a la resistencia mecánica de la mezcla bituminosa se realizaron ensayos de tracción indirecta. La Tabla 6 muestra los resultados. Aparentemente los testigos del tramo fisurado ofrecieron menor resistencia a tracción in-

directa. No obstante debe señalarse que la varianza de los resultados es alta con respecto a la diferencia de las medias, lo que limita la significación estadística del resultado.

### 3.2 Carretera CL-602

En este segundo caso los tramos analizados pertenecen a la carretera CL-602, entre Olmedo e Íscar (Valladolid). El estudio incluye tanto un tramo afectado claramente por fisuración descendente (en torno al p.k. 80+900) como otro afectado más moderadamente (p.k. 85+100). Al igual que en el caso anterior se trata también de una carretera de dos carriles con un tráfico de intensidad media. Así mismo la campaña de extracción de testigos la realizó otra entidad participante en el Proyecto Fénix: la empresa Collosa.

Según se observa en los testigos (figura 4), el firme estaba constituido por unos 5 cm de mezcla bituminosa se-

Tabla 5. Punto de fragilidad Fraass (carretera C-681).

	Tramo fisurado	Tramo no fisurado
	Semicapa superior	Semicapa superior
Temperatura (°C)	0	-5

## Estudio de algunos casos de fisuración descendente en carreteras españolas

Tabla 6. Resistencia a tracción indirecta.

Tramo fisurado		Tramo no fisurado	
Nº testigo	Resistencia a tracción indirecta (MPa)	Nº testigo	Resistencia a tracción indirecta (MPa)
4	2,173	10	2,225
5	2,429	12	2,190
6	1,566	18	2,812
Media	2,056	Media	2,409
$\sigma^2$	0,443	$\sigma^2$	0,349



Figura 4. Extracción de testigos en la CL-602. El testigo evidencia fisuración descendente.

midensa (AC surf 16 S) sobre unos 7 cm de mezcla gruesa (AC bin 22 G), la cual a su vez se apoyaba sobre un antiguo firme que fue reciclado con cemento antes de extender dichas capas.

Las densidades que se obtuvieron, tanto en el tramo fisurado como en el moderadamente fisurado, fueron las que

muestra la Tabla 7. Se observa que la densidad media es algo mayor en el tramo no fisurado, aunque con una diferencia mínima. La desviación estándar es del mismo orden de magnitud que la diferencia entre los dos tramos.

Se analizó la granulometría de la capa de rodadura, tanto en el tramo afectado como en el moderadamente afectado (figura 5). Se observa que el tramo fisurado tiene una granulometría más gruesa que el tramo moderadamente fisurado. Además, la diferencia granulométrica entre las semicapas superior e inferior de rodadura es más acentuada en el tramo fisurado. Es decir, existe mayor segregación granulométrica en vertical en el tramo fisurado que en el moderadamente fisurado.

También se analizó el contenido de ligante, observándose que era algo superior en el tramo moderadamente fisurado (tabla 8).

A los ligantes recuperados de las mezclas se les realizaron los ensayos de penetración, punto de reblandecimiento y caracterización mediante reómetro dinámico, así como el ensayo Fraass de fragilidad. La penetración de los ligantes recu-

Tabla 7. Densidades de los testigos (carretera CL-602).

Tramo fisurado		Tramo no fisurado	
Nº testigo	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Nº testigo	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
R2	2,332	A5	2,326
R3	2,346	A6	2,328
R13	2,332	A8	2,369
Media	2,337	Media	2,341
$\sigma^2$	0,008	$\sigma^2$	0,024

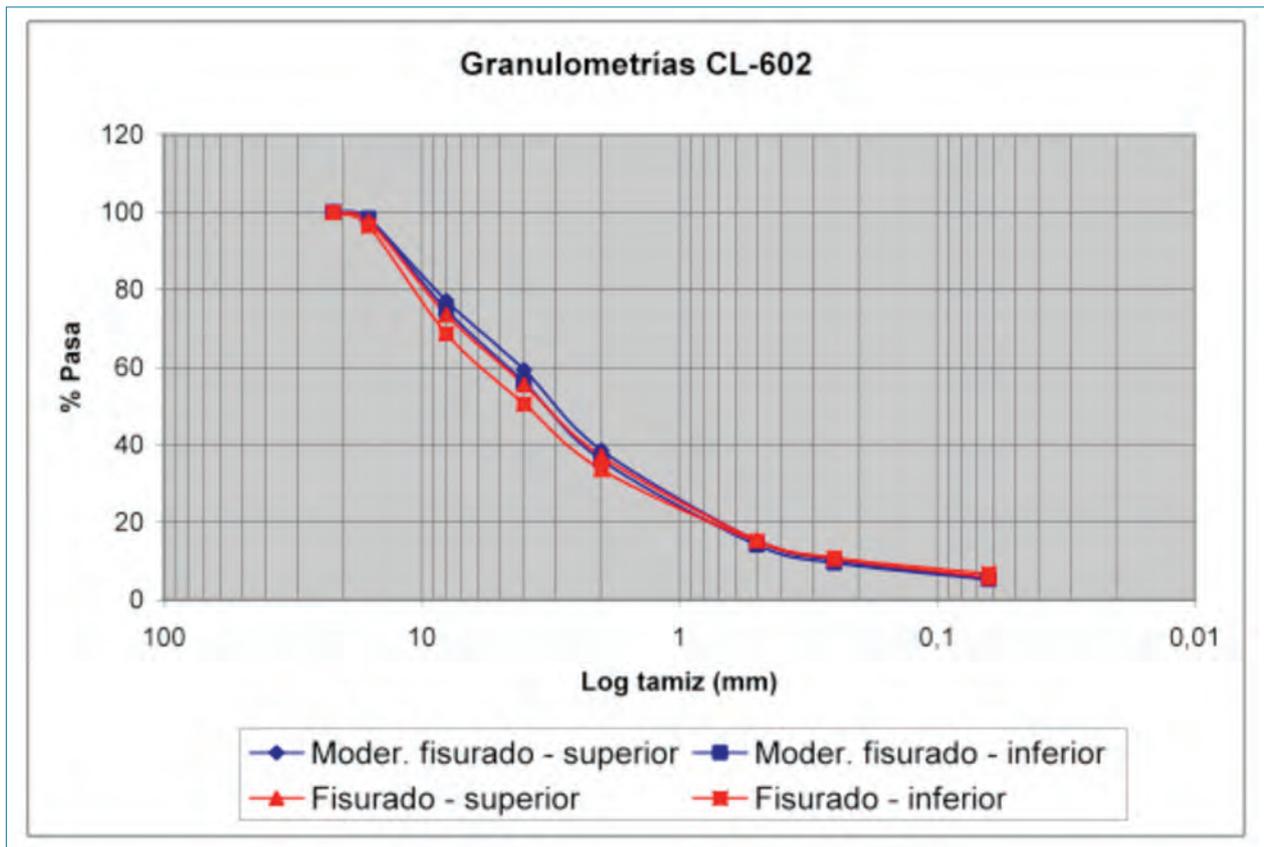


Figura 5. Granulometría de la mezcla bituminosa (Carretera CL-602).

perados y las correspondientes temperatura de anillo y bola se presentan en la Tabla 9. Se observa que en el tramo fisurado, la semicapa superior está más envejecida que en el tramo moderadamente fisurado.

Con respecto a las características dinámicas del ligante, se realizaron ensayos de barrido de frecuencias a 52°C con reómetro dinámico. Los valores del módulo de cizallamiento complejo ( $G^*$ ) y del ángulo de desfase ( $\delta$ ) se reflejan en la Tabla 10.

Los módulos  $G^*$  más altos y los ángulos de desfase  $\delta$  más bajos ponen de manifiesto que el betún de la semicapa superior del tramo fisurado está más envejecido.

Para determinar las características a bajas temperaturas de los ligantes recuperados se realizó el ensayo Fraass. Los resultados se incluyen en la Tabla 11.

El betún del tramo fisurado se fragiliza 4 °C por encima del betún del tramo moderadamente afectado, es decir, el primero ha envejecido más si se considera que se trata del mismo betún original.

Se llevaron a cabo ensayos de tracción indirecta sobre los testigos completos de la capa de rodadura (antes de dividirlos en dos semicapas). Los resultados del ensayo, realizado a 15 °C, fueron los que muestra la Tabla 12.

Tabla 8. Contenidos de ligante sobre la masa de áridos (carretera CL-602).

Tramo fisurado		Tramo moderadamente fisurado	
Semicapa superior	Semicapa inferior	Semicapa superior	Semicapa inferior
4,17 %	4,96 %	4,85 %	4,56 %
4,56 %		4,70 %	

## Estudio de algunos casos de fisuración descendente en carreteras españolas

Tabla 9. Penetración y punto de reblandecimiento (carretera CL-602).

	Tramo fisurado		Tramo moderadamente fisurado	
	Semicapa superior	Semicapa inferior	Semicapa superior	Semicapa inferior
Penetración (10 <sup>-1</sup> mm)	4	12,2	8,2	9,2
Temperatura de anillo y bola (°C)	82	74,6	79	77

Tabla 10. Módulo de cizallamiento complejo y ángulo de desfase a 52°C (CL-602).

	Frecuencia (Hz)	Tramo fisurado		Tramo moderadamente fisurado	
		Semicapa superior	Semicapa inferior	Semicapa superior	Semicapa inferior
G* (kPa)	0,1	139	42	85	60
	1	525	185	343	260
	10	1.476	697	1.072	961
δ (°)	0,1	55,6	62,8	59,2	62,6
	1	46,6	56,0	51,3	54,9
	10	30,4	45,2	36,6	42,1

Tabla 11. Punto de fragilidad Fraass (CL-602).

	Tramo fisurado	Tramo moderadamente fisurado
	Semicapa superior	Semicapa superior
Temperatura (°C)	4	0

Como se puede observar la resistencia a tracción indirecta es algo mayor en los testigos del tramo moderadamente afectado, aunque la dispersión de los resultados limita la validez de esta afirmación.

### 3.3 Otras carreteras españolas estudiadas

Dentro del Proyecto Fénix se han estudiado otras carreteras españolas. Se citan a continuación dos de ellas, cuyos resultados no se exponen con detalle en aras de la brevedad y porque dichos resultados son menos reveladores, ya que todo el firme estaba afectado, sin que hubiera tramos sanos con un firme igual que el afectado. Este hecho impide realmente identificar los factores que han podido dar lugar a la fisuración descendente.

En la autopista AP-1 se estudió un tramo comprendido entre el p.k. 2+000 y el p.k. 2+500 (calzada de sentido hacia el

norte); como se ha indicado consta de un único tramo con firme homogéneo, afectado todo él por la fisuración descendente.

El firme está compuesto, entre las capas originales y los sucesivos refuerzos, por 35 cm de mezclas bituminosas. Según se podía observar en los testigos, la fisuración afectaba sólo a la capa de rodadura. Los testigos fueron extraídos por la sociedad concesionaria de la autopista (Sacyr Concesiones).

Otro de los tramos estudiados corresponde a la carretera N-111 a su paso por la provincia de Soria. El estudio se ha realizado entre el p.k. 165+800 y el p.k. 166+100 (carril de sentido hacia Madrid), y consta así mismo de un único tramo afectado por la fisuración descendente, sin que fuera posible localizar un tramo aparentemente más sano en la misma carretera y con el mismo firme. Se trata de una carretera que ha soportado un tráfico de intensidad media-alta. El firme estaba compuesto de dos capas de mezcla bituminosa que sumaban 16 cm de espesor, según se observó al extraer los testigos (figura 6), obtenidos también por Sacyr Concesiones.

## 4. Conclusiones

Recientemente la ingeniería de pavimentos está concediendo una mayor relevancia al fenómeno de la fisuración des-

Tabla 12. Resistencia a tracción indirecta (CL-602).

Tramo fisurado		Tramo no fisurado	
Nº testigo	Resistencia a tracción indirecta (MPa)	Nº testigo	Resistencia a tracción indirecta (MPa)
R2	1,525	A5	1,480
R3	1,435	A6	1,976
R8	1,534	A8	2,225
Media	1,498	Media	1,894
$\sigma^2$	0,055	$\sigma^2$	0,379

cedente. Se trata de fisuras que se inician en superficie y progresan hacia las capas inferiores. Es probable que muchas de las fisuras que tradicionalmente se han identificado como debidas a la reflexión de fisuras originadas en las capas inferiores del firme hayan tenido realmente su origen en la capa de rodadura. Estas fisuras descendentes suelen tener una disposición longitudinal, algo sinuosa, acompañadas con frecuencia de ramificaciones, y están situadas junto a las rodadas de los vehículos o coincidiendo con ellas.

El trabajo llevado a cabo ha puesto de manifiesto que el fenómeno se da con relativa frecuencia, ya que en todos los casos estudiados se confirmó la sospecha de que podía tratarse de fisuración descendente. El estudio se ha centrado en las características de las mezclas bituminosas de la capa de rodadura que han sufrido este fenómeno. A la vista de los resultados obtenidos, se han identificado algunos factores que acompañan a los casos de fisuración descendente encontrados:

- La mezcla bituminosa sufría una segregación granulométrica en vertical, es decir, se acumulaban en el fondo de la capa de rodadura partículas más gruesas.



Figura 6. Aspecto de la fisuración descendente en la carretera N-111 (la fisura afecta a la capa de rodadura y muy poco a la intermedia).

- Los betunes recuperados de la mezcla demostraron que en los tramos afectados por fisuración descendente el ligante había envejecido en los 2 ó 3 centímetros superiores más que en los tramos no afectados.
- La resistencia a tracción indirecta de la capa de rodadura de los tramos afectados es algo menor que en los tramos no afectados.

A la vista de todo ello, para minimizar la incidencia de la fisuración descendente parece recomendable el empleo de ligantes modificados. Estos ligantes, más viscosos que los betunes puros, pueden contribuir a limitar la segregación granulométrica de la mezcla durante su extensión, y resisten generalmente mejor el envejecimiento. Adicionalmente, suelen ofrecer mejores resistencias a tracción indirecta.

Es preciso seguir investigando sobre la fisuración descendente, e indudablemente habrá de ser considerada como uno de los fallos más frecuentes del firme, tanto durante el diseño como después en la conservación, fase en la que se pueden requerir estrategias especialmente adaptadas a este tipo de deterioro que hasta ahora había sido prácticamente ignorado.

## 5. Agradecimientos

Este artículo recoge resultados de una investigación desarrollada en el marco del Proyecto Fénix ([www.proyectofenix.es](http://www.proyectofenix.es)), el cual ha sido posible gracias a la contribución financiera del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) de España, a través de su Programa CENIT. Las entidades que participan en el Proyecto manifiestan su reconocimiento por dicha contribución. En particular, los autores quieren mostrar su agradecimiento a todas las organizaciones y empresas par-

participantes y a sus numerosos colaboradores cuya capacidad de trabajo y eficacia han permitido el desarrollo de este Proyecto en un ambiente de cooperación.

### 6. Referencias

- [1] EUROPEAN COMMISSION. Development of New Bituminous Pavement Design Method. Final Report of the Action COST 333. Directorate General Transport, 2000.
- [2] ANDERSON, M., D'ANGELO, J., & HUBER, G. Forensic Investigation of Early Cracking on I-25 in Denver, Colorado. Report No. CDOT-DTD-R-2001-10. Final Report. Colorado Department of Transportation, 2001.
- [3] BALADI, G., SCHORSH, M., SVASDISANT, T. Determining the causes of top-down cracks in bituminous pavements. Report No. MDOT-PRCE-MSU-2003-110. Final report. East Lansing, Michigan: Pavement Research Centre of Excellence, Michigan Department of Transportation y Michigan Asphalt Paving Association. 255 p., 2003.
- [4] MYERS, L.A., ROQUE, R., RUTH, B.E. *Mechanisms of surface-initiated longitudinal wheel path cracks in high-type bituminous pavements*. Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists. Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 67, 1998.
- [5] CROLL, J.G.A. *Possible role of thermal ratchetting in alligator cracking of asphalt pavements*. International Journal of Pavement Engineering. Vol. 10, N° 6, 2009.

# Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente.

## UNE-EN 12697-5:2007. Determinación de la densidad máxima

Javier Loma, jloma@ohl.es

Asfaltos y Construcciones ELSAN

### 1. Objeto y principio del ensayo

Masa por unidad de volumen de una mezcla bituminosa, sin huecos de aire, a una temperatura de ensayo conocida. Este dato se utiliza para la determinación del contenido de huecos en las probetas de una mezcla bituminosa, UNE-EN 12697-8, y otras propiedades volumétricas de una mezcla compactada.

### 2. Método operativo

Las operaciones de muestreo y división de las muestras se efectúan de acuerdo con los procedimientos descritos en las partes 27 y 28 de la Norma UNE-EN 12697. Las partículas de la muestra para el ensayo se disgregan hasta obtener un material inconsistente (apartados 7 y 8). Este ensayo puede ser utilizado con mezclas bituminosas inconsistentes o compactadas (probetas o testigos) siguiendo alguno de los procedimientos que se recogen en la tabla adjunta.

El tiempo empleado en la ejecución del ensayo oscila entre varios minutos para el procedimiento C (conocidas la composición y la densidad de los materiales) y 4 horas para el procedimiento volumétrico.



Figura 1. Equipo completo para la determinación de la densidad máxima según el procedimiento A.

**ANEJOS:** El anejo A (informativo) señala la idoneidad de cada uno de los tres métodos en función de la mezcla estudiada. El anejo B (normativo) describe el procedimiento para determinar la porosidad y la absorción de los áridos, teniendo en cuenta los poros accesibles de los mismos, clasificando los áridos en función del valor de la porosidad (no absorbente-absorbente). El anejo C (normativo) señala el procedimiento a seguir para efectuar la calibración de los picnómetros.

### 3. Equipamiento

Los equipos de laboratorio se recogen en el apartado 6: estufa de aire ventilado, balanza, termómetro, baño de agua y

Procedimiento A	Procedimiento B	Procedimiento C
Volumétrico (apartado 9.2)	Hidrostático (apartado 9.3)	Matemático (apartado 9.4)

## Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente

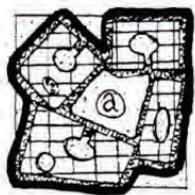


Figura 2. Huecos entre partículas (a) accesibles.

mesa vibratoria (opcional). Se precisa un equipamiento especial para los procedimientos A y B, como son picnómetros y un sistema para efectuar el vacío con un manómetro o vacuómetro calibrado que permita alcanzar una presión residual de al menos 4kPa para el procedimiento A y un vacuo-desecador o vasija de vacío para el procedimiento B. Son equipos necesarios para eliminar las burbujas de aire incrustadas entre las partículas de la mezcla, de lo contrario el resultado del ensayo puede verse alterado.

### 4. Puntos críticos

El principal inconveniente del ensayo radica en la dificultad para eliminar el aire que queda ocluido en pequeñas burbujas entre las partículas de la mezcla debido a una incompleta disgregación de la muestra. En el ensayo puede utilizarse agua o disolvente como líquido de ensayo. El empleo de disolvente (diclorometano), sujeto a las limitaciones de exposición legisladas y reglamentadas, puede falsear el resultado al disolver la película de ligante que recubre la partícula del árido y posibilita la entrada del líquido en los poros accesibles.

### 5. Comentarios

No es un ensayo de aplicación en España hasta hace pocos años. Con anterioridad el contenido de huecos de una mezcla se calculaba a partir del valor de la densidad del ligante y el valor del peso específico de los áridos en aceite de parafina, NLT-176, ensayo problemático para áridos con alta porosidad. Aparecen diferencias en el contenido de huecos en una mezcla bituminosa compactada al determinar la densidad máxima\* de la mezcla (UNE-EN 12697-5) o el peso específico de los áridos (NLT-167).

Por lo general se utiliza el procedimiento volumétrico (A), con agua como líquido de ensayo. El agua es fácil de conse-

guir, no es un material peligroso y es más económico. Además el disolvente es más susceptible a la variación de la temperatura y los resultados de repetibilidad y reproducibilidad (apartado 11) que se obtienen son más desfavorables.

En 10 laboratorios de empresas pertenecientes a Asefma se ha efectuado un anillo interlaboratorios siguiendo el procedimiento volumétrico con una mezcla bituminosa fabricada con áridos de 3 naturalezas distintas. Se han obtenido peores resultados para la desviación típica (8) y reproducibilidad (22), superiores a los señalados en la Norma (apartado 11) y diferentes para cada naturaleza de árido, debido fundamentalmente a su porosidad.

### 6. Especificaciones

Este apartado no aplica para este ensayo.

### 7. Bibliografía

- UNE-EN 12697-5. Determinación de la densidad máxima.
- UNE-EN 12697-8. Determinación del contenido de huecos en las probetas de mezcla bituminosa.
- UNE-EN 12697-27. Toma de muestras.
- UNE-EN 12697-28. Preparación de muestras para la determinación del contenido de ligante, contenido de agua y granulometría.
- NLT 167. Densidad relativa de los áridos en aceite de parafina.
- Estimación de la precisión en el ensayo de determinación del contenido en huecos en probetas bituminosas según norma UNE-EN 12697-8. Jornada de ASEFMA 2011. F. Valor, J. Loma, R. Jimenez, L. Enriquez, C. Calvo.

**\* La densidad máxima interviene en el cálculo de los huecos de una mezcla bituminosa, parámetro que determina su clasificación y propiedades.**

# Comentarios sobre el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público

El pasado 16 de diciembre de 2011 entró en vigor el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público. Se integran en él distintas disposiciones con rango de ley que se habían ido promulgando en los últimos tiempos, a la vez que se deroga de forma expresa la Ley de Contratos del Sector Público de 2007. En esta breve nota se comentan algunos de los cambios más relevantes que derivan del nuevo texto.

**María Dolores Cancela Rey,**  
mdolores.cancela@minhap.es  
Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas

**Miguel Ángel del Val Melús,** miguel.delval@upm.es  
Universidad Politécnica de Madrid

## 1. Introducción

En el Boletín Oficial del Estado (BOE) de 16 de noviembre de 2011 se ha publicado el Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público (TRLCSP), el cual ha entrado en vigor el 16 de diciembre de 2011. De esta manera se integran y ordenan en un texto único todas las disposiciones aplicables a la contratación del sector público, incluidas la Ley 30/2007, de Contratos del Sector Público (LCSP), las sucesivas leyes que la han modificado y otras disposiciones con rango de ley, entre ellas las relativas a la captación de financiación privada para la ejecución de contratos públicos (Tabla 1).

En el BOE de 21 de junio de 2000 se publicaba el Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 junio, por el que se aprobaba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (TRLCAP). Sin embargo, pocos años después era ya patente la necesidad de una nueva ley, y ello por varias razones: la adaptación al ordenamiento jurídico interno de la Directiva 2004/18/CEE, la implan-

Tabla 1. Disposiciones más relevantes con rango de ley que se integran en el TRLCSP aprobado por el Real Decreto Legislativo 3/2011

1. Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público (LCSP).
2. 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.
3. Real Decreto-ley 8/2010, de 20 de mayo, por el que se adoptan medidas extraordinarias para la reducción del déficit público.
4. Ley 15/2010, de 5 de julio, de modificación de la Ley 3/2004, de 29 de diciembre, por la que se establecen medidas de lucha contra la morosidad en las operaciones comerciales.
5. Las disposiciones de la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible, que modificaban la LCSP.
6. Las disposiciones del Real Decreto-ley 5/2011, de 29 de abril, de medidas para la regularización y control del empleo sumergido y fomento de la rehabilitación de viviendas, que modificaban la LCSP.
7. Ley 24/2011, de 1 de agosto, de Contratos del Sector Público en los ámbitos de la Defensa y la Seguridad.

## Comentarios sobre el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público

tación de los mecanismos necesarios para regular el contrato de colaboración público-privada, la ampliación del ámbito de aplicación (tanto el objetivo como el subjetivo), el impulso de los medios telemáticos en la contratación y, en última instancia, la voluntad de garantizar la máxima transparencia en todos los procedimientos y una regulación más eficaz del control del gasto.

Incluso más allá de lo dispuesto en la LCSP, el nuevo TRLCSP se fundamenta en que la contratación pública ha de sujetarse a los principios de libertad de acceso a las licitaciones, publicidad y transparencia de los procedimientos y de no discriminación e igualdad de trato entre los licitadores. Por otra parte, se debe asegurar el principio de estabilidad presupuestaria y el control del gasto. Para poder cumplir todas estas exigencias es indispensable la definición previa de las necesidades de la contratación, garantizar la libre concurrencia y asegurar la selección de la oferta más ventajosa.

### 2. Estructura del TRLCSP

El TRLCSP está compuesto por 334 artículos, 31 disposiciones adicionales, 8 disposiciones transitorias y 6 disposiciones finales. El articulado está estructurado en un título preliminar y cinco libros distribuidos de la forma que se indica en la Tabla 2.

A partir de ahora las remisiones normativas, tanto a la LCSP como al antiguo TRLCAP se entenderán hechas al TRLCSP recién aprobado, pues se deroga de forma expresa la propia LCSP. En este sentido se ha procedido a ajustar la

numeración de los artículos y, por lo tanto, las remisiones y concordancias entre ellos, circunstancia ésta que se ha aprovechado, al amparo de la delegación legislativa, para ajustar algunos errores que había en el texto original. Igualmente, se ha revisado la parte final de la Ley, eliminando disposiciones e incluyendo otras nuevas motivadas por el tiempo transcurrido desde la aprobación de la LCSP y de sus sucesivas modificaciones. Debe señalarse que en el BOE del 3 de febrero de 2012 se ha publicado una corrección de errores detectados en el TRLCSP.

### 3. Aspectos más destacados del TRLCSP

Seguidamente se sintetizan los que probablemente sean los aspectos más significativos del nuevo TRLCSP, especialmente, aunque no sólo, en lo que se refiere al contrato de obras.

1. Se recogen en un texto único todas las modificaciones introducidas a la LCSP, desde su entrada en vigor el 30 de abril de 2008, a través de diversas leyes que habían ido incorporando nuevas disposiciones o dando una nueva redacción a algunos preceptos.
2. Se unifican las disposiciones relativas a las concesiones, que aunque estaban incluidas en otros textos legislativos tienen indudable relación con los preceptos que regulan los contratos.
3. Se integran también todas las disposiciones relativas a la captación de financiación privada desarrollando las distintas fórmulas de colaboración público-privada.

Tabla 2. Estructura del articulado del TRLCSP

Parte	Artículos
Título preliminar	1 a 21
Libro I: Configuración general de la contratación del sector público y elementos estructurales de los contratos	22 a 108
Libro II: Preparación de los contratos	109 a 137
Libro III: Selección del contratista y adjudicación de los contratos	138 a 207
Libro IV: Efectos, cumplimiento y extinción de los contratos administrativos	208 a 315
Libro V: Organización administrativa para la gestión de la contratación	316 a 334

4. Se reordena y modifica el recurso especial en materia de contratación, de forma que todo el "Régimen especial de revisión de decisiones en materia de contratación y medios alternativos de resolución de conflictos" constituye el capítulo VI del Título I del Libro I (artículos 40 a 50); estos preceptos estaban incluidos antes en el Libro V (el dedicado a la organización administrativa). La legitimación para el recurso resulta ampliada; sin embargo, los actos relativos a las modificaciones contractuales quedan excluidos del recurso especial, limitando así su alcance.
5. Se modifican a la baja los umbrales económicos de los diferentes tipos de contratos sujetos a regulación armonizada, es decir, los que han de ser publicados en el Diario Oficial de la Unión Europea.
6. En cuanto al régimen de las modificaciones de los contratos, se fija un importe máximo que no podrá superar el 10 % del precio primitivo del contrato. Como contrapartida, se abre la posibilidad de fijar en los pliegos causas adicionales de modificación que no están sujetas a limitaciones.
7. Se mantiene el máximo del 10 % del precio primitivo del contrato para la introducción de variaciones en las mediciones de las unidades ejecutadas al elaborar la certificación final.
8. El artículo 171 determina el importe máximo de las eventuales obras complementarias, que pasa del 20 al 50 % del precio primitivo del contrato.
9. La reducción de cargas administrativas a los licitadores (objetivo importante de la ley) se ha consolidado con la creación de la Plataforma de Contratación del Estado y la puesta en marcha del Registro Oficial de Licitadores y Empresas Clasificadas, que además se configuran como las piezas fundamentales para el impulso de la contratación electrónica, cuyo marco jurídico establece la ley.
10. Con relación a la subcontratación, recogida en el artículo 227, destaca la introducción de los apartados 8 y 9 (que ya se habían incluido en la Ley 24/2011, de 1 de agosto, de Contratos del Sector Público en los ámbitos de la Defensa y la Seguridad), que señalan lo siguiente:

*«8. Los subcontratistas no tendrán en ningún caso acción directa frente a la Administración contratante*

*por las obligaciones contraídas con ellos por el contratista como consecuencia de la ejecución del contrato principal y de los subcontratos.*

*9. Lo dispuesto en el párrafo anterior será de aplicación también a las Entidades públicas empresariales y a los organismos asimilados dependientes de las restantes Administraciones Públicas [...].»*

11. En la disposición transitoria sexta, que hace referencia a la aplicación del artículo 216 (en él se fija el plazo máximo para el pago de las certificaciones), se establece que los plazos para el pago se reducirán progresivamente desde los 60 días que se señalaban en el TRLCAP a 40 días durante 2012 y a tan sólo 30 a partir del 1 de enero de 2013.
12. La disposición adicional vigésima novena alude a las fórmulas institucionales de colaboración entre el sector público y el sector privado:

*«[...] Sin perjuicio de la posibilidad de utilizar medios de financiación tales como emisión de obligaciones, empréstitos o créditos participativos, las sociedades de economía mixta constituidas para la ejecución de un contrato público previstas en esta disposición adicional podrán:*

*a) Acudir a ampliaciones de capital, siempre que la nueva estructura del mismo no modifique las condiciones esenciales de la adjudicación salvo que hubiera estado prevista en el contrato.*

*b) Titular los derechos de cobro que ostenten frente a la entidad adjudicadora del contrato cuya ejecución se le encomiende, previa autorización del órgano de contratación, cumpliendo los requisitos previstos en la normativa sobre mercado de valores».*

Debe destacarse además que el TRLCSP deroga expresamente las siguientes disposiciones:

1. La Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público y sus modificaciones.
2. El Capítulo IV del Título V del Libro II (artículos 253 a 260, ambos inclusive) del TRLCAP, relativo a los contratos de concesión de obra pública.

3. La disposición adicional séptima de la Ley 13/2003, de 23 de mayo, reguladora del contrato de concesión de obras públicas.
4. El artículo 16 del Real Decreto-ley 8/2010, de 20 de mayo, por el que se adoptan medidas extraordinarias para la reducción del déficit público.
5. Los artículos 37 y 38 de la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible.

### *4. A modo de conclusión*

Las normas relativas a la revisión de precios ya han sido publicadas recientemente (Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las Administraciones Públicas, BOE del 26 de octubre de 2011). Sin embargo, todavía queda como asignatura pendiente el Reglamento, que actualmente está formado por dos reales decretos:

- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Real Decreto 817/2009, de 8 de mayo, de desarrollo parcial de la LCSP.

El futuro Reglamento habrá de modificar el sistema de clasificación actual e incluir el nuevo sistema para la clasificación de los contratos de servicios, que actualmente no disponen de clasificación.

# Comentarios a la OC 29/2011, por la que se adapta el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales a la Normativa Europea en los capítulos relativos a los ligantes bituminosos

Los nuevos artículos 211, 212 y 213 del PG-3 recogidos en la OC 29/2011 incluyen los diferentes ligantes bituminosos que la D.G.C. recomienda sean de aplicación en la red de carreteras del Estado, actualizando sus prescripciones técnicas y adaptándolas a las correspondientes normas armonizadas de Mercado CE de cada producto. Si bien dicha OC 29/2011 puede facilitar a los fabricantes, a los proyectistas y a los aplicadores la selección de los diferentes ligantes a emplear en cada aplicación, esta puede al mismo tiempo coartar otras soluciones que podrían ser también válidas para la carretera.

Por ello se recomienda a las Administraciones Autonómicas, Diputaciones y Ayuntamientos la lectura de los correspondientes Anexos Nacionales de las Normas Europeas (UNE EN 12591, UNE EN 13924, UNE EN 14023 Y UNE EN 13808) donde figuran todos los tipos de productos de aplicación en España para las diferentes aplicaciones en carreteras. Esto es especialmente importante en el caso de las emulsiones bituminosas catiónicas, pues el Anexo Nacional sí recoge todos los tipos de emulsiones adecuadas para su empleo en los diferentes tipos de técnicas en frío y templadas, muchas de las cuales no están recogidas en el Anexo de la OC 29/2011 del Mº de Fomento.

En cuanto a la desaparición de las emulsiones bituminosas aniónicas quizás habría que ir pensando en la forma de incluirlas en algunos Pliegos Particulares de ciertas Administraciones en donde tradicionalmente han sido utilizadas con muy buenos resultados por el tipo de áridos de la zona. Sería una pena prescindir de una técnica que se domina y está desarrollada.

José Antonio Soto, pepe.soto228@gmail.com

Vocal de la revista Asfalto y Pavimentación

## Comentarios a los artículos:

- 211 Betunes Asfálticos
- 212 Betunes Modificados con Polímeros
- 213 Emulsiones Bituminosas

De la O.C. 29/2011 sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.

### Art.211. Betunes asfálticos

- Se cambian las denominaciones según **nuevos rangos de Penetración**, incluyendo todos los betunes, Convenciona-

les y de Alto Módulo, en una sola tabla. En la norma europea vienen especificados en dos normas diferentes: UNE EN 12591(Convencionales) y UNE EN 13924(Alto Módulo).

- Los ensayos pasarán a realizarse según las **Normas UNE EN en lugar de las NLT**.
- Todos los ensayos son equivalentes salvo el de **Punto de Reblandecimiento**, que según la nueva norma UNE EN 1427, se realiza con **agitación en el baño**, por lo que se obtienen valores inferiores entre 1°C y 1,5°C a los obtenidos con la NLT. De ahí la **diferencia** de valores en la especificación actual. En ningún caso esto implica una peor calidad del betún.
- Como consecuencia de esta diferencia en el Punto de Reblandecimiento, se produce también un cambio en el rango de valores del **Índice de Penetración**, lo que no supone tampoco ninguna merma en la calidad de los betunes.

## Comentarios a la OC 29/2011, por la que se adapta el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales a la Normativa Europea en los capítulos relativos a los ligantes bituminosos

- Se cambia el ensayo de **Envejecimiento** ya que a partir de ahora se realizará con el ensayo de **Película Fina y Rotatoria (RTOFT)** más severo que el anterior de Película Fina (TFOT).
- Desaparece el ensayo de **Ductilidad**.

### *Otros aspectos a tener en cuenta:*

- Cada cisterna que llegue a obra **deberá llevar el Marcado CE** correspondiente, con la información sobre las características esenciales recogidas en el **Anexo ZA de la norma UNE EN 12591 o UNE EN 13924**.
- En el apartado 211.4 sobre **Recepción e Identificación**, se pide que en el albarán de entrega figure la fecha de **Fabricación del Betún**. **Este dato será difícil de precisar por la complejidad de la logística en las Refinerías donde está almacenado el betún**.
- En la información sobre el **Etiquetado y Marcado CE (211.4)** del mismo artículo, se pide que el suministrador de betún **“deberá proporcionar información sobre la temperatura máxima de calentamiento (anteriormente optativa a criterio del Director de Obra), rango de temperatura de mezclado y de compactación así como el Tiempo Máximo de almacenamiento”**.  
La información sobre **Tiempo Máximo de almacenamiento no va a depender del suministrador y sí de las condiciones de temperatura en que está almacenado el betún, calentamientos puntuales etc., así como del tipo de tanque (vertical u horizontal) y la cantidad de producto almacenado**.
- En cuanto al apartado 211.5.2 señalar **un matiz sobre el tamaño del lote** (antes 100t y ahora 300t) y **sobre los ensayos a realizar** (antes Penetración y ahora Penetración, Punto de Reblandecimiento e I.P.).

### **Art. 212. Betunes modificados con polímeros**

- **Cambio en la Denominación**, que se compondrá de las letras PMB seguido del Rango de Penetración y de un número que indica el valor mínimo del Punto de Reblandecimiento.

- **En la tabla 212.2, Requisitos de los betunes modificados con polímeros**, se incluyen todos los betunes modificados con polímeros orgánicos. A los obtenidos por modificación con NFUs se les añadirá una C mayúscula.
- Comparando con las especificaciones anteriores se observa que los **Rangos de Penetración** son más amplios (menor valor mínimo y mayor valor máximo) por lo que todos los fabricados hasta ahora encajan en la nueva especificación.
- En cuanto al **Punto de Reblandecimiento**, se mantienen los mismos valores, aunque **debido al cambio de norma (UNE en lugar de NLT), significa mayor exigencia** en esta propiedad.
- **Desaparece** el tipo **BM3a**, utilizado principalmente para mezclas drenantes y el **BM5**, muy poco utilizado en mezclas, salvo para morteros antifisuras.
- Se introduce un **nuevo tipo “PMB 45/80-75”**. Se trata de un betún con **alto grado de modificación para mezclas de Altas Características**.
- **Todas las especificaciones de los BMP están recogidas en la norma UNE EN 14023**, de tipo “menú”, es decir no especifica unos betunes con propiedades concretas sino unos ensayos y valores que permiten a cada país definir los betunes más adecuados a sus condiciones particulares. Con la O.C. se transforma el anexo nacional tipo menú, en la **Tabla 212.2**, de similares características a la utilizada hasta ahora e igual de sencilla de aplicar que la antigua 215 del PG3. **Conviene destacar que con el mismo nombre que el recogido en estas especificaciones se pueden fabricar betunes que solo cumplan con la penetración y el punto de reblandecimiento, pero que no cumplan con el resto de propiedades descritas en la norma, lo que puede dar lugar a error, especialmente con la entrada de productos de otros países**.
- **Modificación en ensayos:**
  - **El Punto de Reblandecimiento** se realiza con agitación.

- Desaparecen los ensayos de **Ductilidad y Consistencia mediante el ensayo del Flotador**.
- Al igual que en los Betunes Convencionales, se cambia el **Envejecimiento** mediante Película Fina (TFOT) por el de **Película Fina y Rotatoria (RTFOT)**.
- El ensayo de **Recuperación Elástica** deja de hacerse por Torsión (NLT) y **pasa a realizarse por Ductilidad (UNE EN 13398)**.
- Para medir la **Cohesión** de estos ligantes se introduce el **ensayo de Fuerza-Ductilidad**. **Esta característica es de gran importancia para la calidad de las mezclas asfáltica sobre todo en las Discontinuas y Drenantes**.
- Cada cisterna que llegue a obra deberá llevar el **Marca- do CE** correspondiente con la información **sobre las características esenciales** recogidas en el **Anexo ZA** de la norma **UNE EN 14023**.
- En la información sobre el **Etiquetado y Marcado CE (211.4)** del mismo artículo, se pide que el suministrador de betún **“deberá proporcionar información sobre la temperatura máxima de calentamiento (anteriormente optativa a criterio del Director de Obra), rango de temperatura de mezclado y de compactación así como el Tiempo Máximo de almacenamiento”**.

La información sobre **Tiempo Máximo de almacenamiento no va a depender del suministrador y sí de las condiciones de temperatura en que está almacenado el betún, calentamientos puntuales etc., así como del tipo de tanque (vertical u horizontal) y la cantidad de producto almacenada**.

Se pide que los depósitos en los que se almacenen **“ligantes susceptibles de sedimentación o que incorporen en su composición polvo de neumático fuera de uso, los tanques de almacenamiento deberán ser de eje vertical, con sistema de agitación y recirculación y salida del ligante por la parte inferior del tanque, preferiblemente de forma troncocónica”**.

#### - **Control adicional:**

- Cuando un betún **permanezca en el tanque de obra más de 15 días**, se recomienda sacar una muestra de fondo y otra de superficie para ver si continua estable. En condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el Director de las Obras podrá disminuir el plazo de 15 días, anteriormente indicado, para la comprobación de las condiciones de almacenamiento del betún modificado con polímeros.  
**Las condiciones de obra desfavorables no tienen porque influir en el betún almacenado en un tanque calorifugado y a alta temperatura.**

#### *Art. 213. Emulsiones Bituminosas*

En este artículo se han producido importantes cambios respecto a la norma anterior y también respecto a la norma europea en su adaptación a la normativa española.

- **Exclusión de las emulsiones bituminosas aniónicas** en la red de carreteras del estado.
- Todas las especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas están recogidas en la norma **UNE EN 13808, tipo menú**, de tal manera que cada proyectista podría elegir la emulsión según la clase de cada característica que deseáramos. Para **facilitar y uniformar criterios** se ha confeccionado el **Anexo Nacional**, en donde están las emulsiones **más utilizadas en España UNE EN 13808 1ª Modificación**, y se presentan las especificaciones por columnas según el tipo de emulsión. **De todas las emulsiones recogidas en el Anexo Nacional, la Orden Circular 29/2011 solo refleja los tipos adecuados para las aplicaciones que el Ministerio de Fomento utilizará en la red de carreteras del estado, Riegos Auxiliares, Microaglomerados en Frío y Reciclados en Frío**.  
**De esta manera la referencia para el resto de Administraciones, que quieran utilizar las Técnicas en Frío en sus carretas, ya no será el PG3 sino que tendrán que remitirse al Anexo de emulsiones UNE-EN 13808-2005 1ª modificación**.  
**Así mismo, puede darse el caso de que emulsiones, procedentes de otros países que cumplan con la nor-**

# Comentarios a la OC 29/2011, por la que se adapta el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales a la Normativa Europea en los capítulos relativos a los ligantes bituminosos

ma europea, puedan incumplir las especificaciones exigidas por el Ministerio de Fomento para una aplicación concreta.

- Un cambio muy significativo es la **nueva denominación**, más larga que la anterior pero **más aclaratoria sobre la composición, características y aplicación de la emulsión**.

Según la nueva norma el tipo de emulsión se inicia con la **letra C**, de Catiónica, seguida de un número que indica el **Contenido nominal de ligante** (incluido el fluidificante) seguido de las **características de este ligante**, **B**(betún), **P**(polímero), **F**(fluidificante), terminando con un **número indicativo de la clase de Índice de rotura y la abreviatura de su aplicación** (ADH:R. de ADHERENCIA; TER:R. de Adherencia Termoadherente; CUR:R. de Curado; IMP:R. de Imprimación; MIC: Microaglomerados en Frío; REC: Reciclado en Frío).

- **Todas las emulsiones** que se comercialicen en obra **deberán llevar el Marcado CE correspondiente con la información sobre las características esenciales recogidas en el Anejo ZA** de la norma UNE EN 13808.
- Se produce un **aumento del número de emulsiones** bituminosas especificadas que podemos utilizar, doce (12) emulsiones convencionales catiónicas según la tabla 213.1 y seis (6) emulsiones catiónicas modificadas según la tabla 213.2, a pesar de reducir su uso a aplicaciones muy concretas para obras determinadas: Reciclados en Frío, Riegos Auxiliares y Microaglomerados en Frío.
- Se hacen **recomendaciones en cuanto a las emulsiones más sensibles al transporte**, como las de **rotura lenta para Microaglomerados y Reciclados en Frío**. Deberán transportarse en **cisternas completas** o, al menos, al 90% de su capacidad y a **temperatura inferior a 50°C para evitar roturas parciales de la emulsión**.
- En cuanto al **almacenamiento en obra**, se recomienda que las **emulsiones Lentas y Termoadherentes** que lleven en el tanque más de **siete (7) días** sin moverse, sean **homogeneizadas antes de su aplicación**.

## 213.5.2 Control en el momento de empleo

- Deberá hacerse **un control en el momento de empleo**, 213.5.2, de cada lote de 30t o fracción diaria, de las emulsiones bituminosas salvo las destinadas a Riegos de Adherencia, Imprimación y Curado. Se tomarán dos muestras y se analizará una de ellas con los siguientes **ensayos**:

- **Carga de partícula (UNE EN 1430)**
- **Índice de rotura (UNE EN 13075-1)**
- **Contenido de agua (UNE EN 1428)**
- **Tamizado (UNE EN 1429)**

**No figura el ensayo de Viscosidad que es “requisito esencial para el marcado del producto” y se piden los de Carga de Partícula, Contenido de agua y Tamizado que no lo son.**

## 213.5.3 Control adicional

- Para emulsiones bituminosas que hayan estado **almacenadas al menos 15 días en obra**, se sacará una muestra de superficie y otra de fondo. **Se les hará el ensayo de Tamizado y el de Contenido de Betún Residual, si no cumpliesen las características de ligante original, se deberá proceder a su homogeneización**. Este plazo se reduce a **siete (7) días si se tratase de emulsiones de rotura Lenta o Termoadherentes**. **La homogeneización, normalmente, no soluciona el problema de Tamizado por rotura parcial de la emulsión.**
- **Tabla 213.3.a-Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas.**
- **Muy interesante la letra pequeña que se ha añadido debajo de cada tabla con unas recomendaciones de uso que nos ayudarán a elegir el mejor tipo de emulsión según en las condiciones en que se encuentre la obra:**

Temperatura Ambiente/Índice de Rotura; Tiempo de Fluencia / Dotaciones m<sup>2</sup>; Tiempo de Fluencia/Penetración; Áridos Reactivos/Índice de Rotura; Humedad del árido/tiempo de Fluencia; Temperatura ambiente/Penetración del Betún Residual.

Todas estas recomendaciones figuran en el Anexo Nacional UNE EN 13808 1ª modificación.

Se recomienda leer todas las recomendaciones antes de elegir la emulsión.

#### *Nuevos ensayos sobre la emulsión y el residuo bituminoso*

- **Índice de Rotura.** Clasifica las emulsiones bituminosas en Rápidas (los valores más bajos), Medias y Lentas (los valores más altos). UNE EN 13075-1
- **Tiempo de Fluencia,** mide la viscosidad de la emulsión. UNE EN 12846. Sustituye a la viscosidad Saybolt Furol.
- Se realizara el **ensayo de Adhesividad con áridos tipos,** que cada país establecerá UNE EN 13614
- **Métodos de obtención del Residuo de la emulsión.** Ha sido un cambio importante ya que a partir de **ahora se obtendrá por evaporación según la UNE EN 13074,** en lugar de la Destilación o Evaporación a 163°C según fuese convencional o modificada. **El fabricante deberá declarar los valores del ligante residual envejecido,** al someter el ligante residual inicial a una **estabilización a corto plazo,** según UNE EN 14895, y de **envejecimiento natural de obra,** según UNE EN 14769.
- **En las Emulsiones Modificadas con Polímeros** se aumenta el número de ensayos sobre el residuo inicial y envejecido para valorar su **Cohesión por el ensayo del Péndulo Vialit UNE EN 13588.**

Ensayos que desaparecen

- Mezcla con cemento; Ductilidad del residuo; Solubilidad en tolueno; Recuperación elástica por torsión.



## Abrimos paso a nuevas ideas

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

Probisa, una empresa de Eurovía

# 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 entrega se recoge el listado de normas que se encuentran como proyecto de norma así como las publicadas en el año 2012, revisados desde el 15 de noviembre de 2011 hasta 6 de febrero de 2012.

## Sección Normativa

### NORMAS DE ÁRIDOS

Proyecto norma	Título
PNE-prEN 932-5	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 5: Equipo común y calibración
PNE-FprEN 933-1	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método tamizado
PNE-FprEN 933-3	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas
PNE-prEN 933-6	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 6: Evaluación de las características superficiales. Coeficiente de flujo de los áridos
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-prEN 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
PNE-FprEN 13043	Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas
PNE-prEN 16236	Evaluación de la conformidad de los áridos
PNE 146132	Áridos para carreteras. Especificaciones adicionales

### NORMAS DE LIGANTES BITUMINOSOS

Norma	Título
PNE-prEN 58	Betunes y ligantes bituminosos. Toma de muestras de ligantes bituminosos
PNE-FprEN 1425	Betunes y ligantes bituminosos. Caracterización de las propiedades perceptibles
PNE-FprEN 1428	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del contenido de agua en las emulsiones bituminosas. Método de destilación azeotrópica
PNE-prEN 1429	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del residuo por tamizado de las emulsiones bituminosas, y determinación de la estabilidad al almacenamiento por tamizado
PNE-FprEN 13075-1	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento a la rotura. Parte 1: Determinación del índice de rotura de las emulsiones bituminosas catiónicas. Método de la carga mineral
PNE-prEN 13808	Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas
PNE-prEN 13924-2	Betunes y ligantes bituminosos. Marco para la especificación de los betunes especiales. Parte 2: Ligantes bituminosos multigrado
PNE-FprEN 14769	Betunes y ligantes bituminosos. Acondicionamiento por envejecimiento a largo plazo acelerado usando un recipiente de envejecimiento a presión (PAV)
PNE-FprEN 14770	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase usando un reómetro de corte dinámico (Dynamic Shear Rheometer (DRS))
PNE-FprEN 14771	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia a la flexión. Reómetro de flexión (BBR)

### NORMAS DE LIGANTES BITUMINOSOS (CONTINUACIÓN)

Proyecto norma	Título
PNE-prEN 15322	Betunes y ligantes bituminosos. Marco para la especificación de los ligantes bituminosos fluidificados y fluxados
PNE-FprEN 16345	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia de las emulsiones bituminosas empleando el viscosímetro Redwood N° II
PNE-FprCEN/TS 16346	Ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento de ruptura y la adhesividad inmediata de las emulsiones bituminosas catiónicas con un árido de 2/4 mm.

### NORMAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Proyecto norma	Título
PNE-FprEN 12697-1	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 1: Contenido de ligante soluble
PNE-FprEN 12697-6	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas
PNE-FprEN 12697-11	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 11: Determinación de la afinidad entre áridos y betún
PNE-FprEN 12697-19	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente Parte 19: Permeabilidad de las probetas
PNE-FprEN 12697-20	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 20: Ensayo de indentación utilizando probetas cúbicas o Marshall
PNE-FprEN 12697-21	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente Parte 21: Ensayo de indentación utilizando probetas planas
PNE-FprEN 12697-26	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 26. Rigidez
PNE-FprEN 12697-30	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente Parte 30: Preparación de probetas mediante compactador de impactos
PNE-FprEN 12697-39	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 39: Contenido en ligante por ignición
PNE-FprEN 12697-40	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 40: Drenabilidad in situ
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-prEN 13108-9	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 9: Mezclas bituminosas para capas ultra-delgadas de hormigón bituminoso
PNE-prEN 16333	Lechadas bituminosas. Especificaciones para aeropuertos

### NORMAS DE CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

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

## Legislación y otras disposiciones (documentación actualizada a 7/02/2012)

**PROGRAMA FEDER-INNTERCONECTA**

Resolución de 17 de octubre de 2011, del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, por la que se aprueba la convocatoria del año 2012 para la Comunidad Autónoma de Galicia del procedimiento de concesión de subvenciones destinadas a fomentar la cooperación estable público-privada en investigación y desarrollo (I+D), en áreas de importancia estratégica para el desarrollo de la economía española (Programa FEDER-INNTERCONECTA).

Al amparo de la Orden CIN/1729/2011, de 9 de junio, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de subvenciones destinadas a fomentar la cooperación estable público-privada en investigación y desarrollo (I+D), en áreas de importancia estratégica para el desarrollo de la economía española (Programa FEDER-INNTERCONECTA) (Boletín Oficial del Estado núm. 148, de 22 de junio de 2011), por la presente Resolución se aprueba la convocatoria del año 2012 para la Comunidad Autónoma de Galicia, del procedimiento de concesión de tales subvenciones, de conformidad con lo previsto en el artículo 11 de la Orden CIN/1729/2011, de 9 de junio.

La Consejería de Economía e Industria de la Xunta de Galicia tiene entre sus competencias la coordinación y el fomento de la investigación científica y técnica, la innovación y la transferencia de tecnología en el Sistema gallego de Ciencia, Tecnología y Empresa.

Dentro de su compromiso en la promoción de un proceso de transformación que permita que la sociedad incorpore la innovación y el conocimiento como pauta de un nuevo modelo de desarrollo económico y bienestar social ha manifestado interés en colaborar, a través de la Dirección Xeral de Investigación, Desenvolvemento e Innovación en el programa FEDER-INNTERCONECTA, desarrollando actividades de promoción para que las empresas conozcan y participen en este programa, en línea con el eje 4 de cooperación territorial establecido en la estrategia estatal de innovación (acuerdo de Consejo de Ministros de 2 de julio de 2010).

**RESOLUCIÓN POR LA QUE SE ESTABLECEN LOS CONVENIOS DE COLABORACIÓN ENTRE LAS ADMINISTRACIONES**

Resolución de 26 de octubre de 2011, de la Secretaría General de Innovación, por la que se publica el Convenio de colaboración con el Instituto Madrileño de Desarrollo para el desarrollo de la Estrategia Estatal de Innovación en la Comunidad de Madrid.

El artículo 6 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, del Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, establece en su primer apartado que la Administración General y los Organismos públicos vinculados o dependientes de la misma podrán celebrar convenios de colaboración con los órganos correspondientes de las Administraciones de las Comunidades Autónomas en el ámbito de sus respectivas competencias. Dentro de este marco de actuación se encuentra el presente Convenio de Colaboración.

Por su parte el artículo 8.2 párrafo tercero de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, establece la obligatoriedad de publicar en el «Boletín Oficial del Estado» y en el Diario Oficial de la Comunidad Autónoma respectiva los diferentes convenios de colaboración dictados por las diferentes Administraciones Públicas.

**COMENTARIOS A LAS NORMAS**

En esta actualización de normativa como aspectos a destacar señalar que:

- Se está procediendo a la revisión de algunas de las normas de la serie EN 12697 tras haber transcurrido el periodo de 5 años después de su publicación así como también se están estudiando proyectos de nueva normativa para la caracterización de las mezclas bituminosas
- También entre las normas que se están revisando se encuentra la norma EN 13808 tras haber transcurrido el periodo de 5 años. En el anterior número se indicó que se había producido una actualización de la norma con la incorporación del anejo que incluía las especificaciones de las emulsiones catiónicas a utilizar en España
- Destacar también que se está procediendo a la redacción de un proyecto de norma, EN 16333, sobre la definición de especificaciones para lechadas a emplear en aeropuertos

# Nuevas mezclas SMA

Durables y sostenibles



RETENMAIER 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 • info@jrsiberica.com

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

# Calendario de eventos

AÑO 2012		
1-4 de abril AAPT	87th AAPT Annual Meeting aaptinfo@gmail.com	Austin, Texas (EEUU) www.asphalttechnology.org
2-4 de abril Brazil Road Expo	Brazil Road Expo info@brazilroadexpo.com.br	São Paulo (Brasil) www.brazilroadexpo.com.br
16-21 de abril INTERMAT PARIS	Intermat	París Nord Villepinte (Francia) www.intermat.fr
23-26 de abril CEDR - ERTRAC Comisión Europea	Transport Research Arena - 2012 programme@traconference.eu	Atenas (Grecia) www.traconference.eu
24 de mayo ASEFMA	VII Jornadas Nacionales de Asefma asefma@asefma.com.es	Madrid (España) www.asefma.es
23-25 de mayo ISAP	International ISAP Symposium on Heavy Duty Pavements and Bridge Deck Pavements info@ISAP2012.net	Nanjing (China) www.jsstri.com/ISAP2012/
11-13 de junio Nordiskt Vägforum	Via Nordica 2012 congress@congress.is	Reykjavik (Islandia) http://vianordica2012.is
13-15 de junio EAPA - Eurobitume	5th Eurasphalt & Eurobitume Congress info@eapa.org info@eurobitume.eu	Estambul (Turquía) www.econgress.org
20-22 de junio RILEM	7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements info@rilem2012.org	Delft (Holanda) www.rilem2012.org
25-29 de junio Asociación Internacional de Caminería	XI Congreso de Caminería Hispánica cchs_camineria@cchs.csic.es	Madrid (España) www.ai-camineria.com
10-12 de julio IFFTAR - CSTB - RILEM - ISIE - SETAC	Conférence internationale Life Cycle Assessment and Construction	Nantes (Francia) www.ifsttar.fr/en/home/
17-18 de septiembre Un. de California, EUA - Un. do Minho, Portugal	Third Workshop on Four Point Bending 4pb@civil.uminho.pt	Davis - California (EEUU) www.civil.uminho.pt/4pb
19-21 de septiembre Un. de California, EUA	4th International Conference on Accelerated Pavement Testing djjones@ucdavis.edu	Davis, California (EUA) www.ucprc.ucdavis.edu
19-22 de septiembre TRB	7th Symposium on Pavement Surface Characteristics: SURF 2012 Rcunard@NAS.edu	Norfolk, VG (EEUU) www.trb.org
25-28 de septiembre ARRB	25th ARRB Conference lydia.chong@arrb.com.au	Perth (Australia)
1-3 de octubre ISAP TC APE	ISAP 2nd International Symposium on Asphalt Pavements & Environment ISAPinfo@comcast.net	Fortaleza (Brasil) www.det.ufc.br/isap2012/
10-12 de octubre AEMA - IBEF	ISAET'12. 5th International Symposium on Asphalt Emulsion Technology krissoff@aema.org	Arlington - VG - EUA www.aema.org
22-26 de octubre Comisión Permanente del Asfalto	XXXVII Reunión del Asfalto	Córdoba (Argentina) www.cpasfalto.org
23-26 de octubre AR 2012	Asphalt Rubber 2012 Conference catia.dantas@consulpav.com	Munich (Alemania) www.consulpav.com/ar2012
21-23 de noviembre SITEB - Padova Fiere	Asphaltica asphaltica@padovafiery.it	Padua (Italia) www.asphaltica.it
23-24 de noviembre Federación de Áridos	III Congreso Nacional de Áridos gprensa@aridos.org	Cáceres (España) www.cinca6.es
10-12 de diciembre AEC	III Feria Carretera y Nieve congresos@aecarretera.com	Andorra www.aecarretera.com

# Mirando al pasado



## COMENTARIO DE ACTUALIDAD

*Cuando escribimos este comentario está terminando el mes de junio de 1979 y la actividad en la construcción y conservación de carreteras desde 1 de enero ha sido tan baja que las cifras de consumo de asfaltos en el país presentan, respecto a las mismas fechas de 1978, que no fue un año precisamente brillante en este terreno de la mejora o, al menos, de la conservación de nuestra red, una disminución del 20 por 100 aproximadamente. Esto puede parecer catastrófico desde el punto de vista de las empresas cuya actividad económica se basa en la producción y comercialización de estos materiales, pero éste es un aspecto parcial e interesado del asunto del que quizás conviene prescindir aquí para concentrarnos en lo que significa en cuanto a la situación de nuestra red de carreteras.*

*La situación de la red de carreteras puede resumirse sencillamente diciendo que lleva años sometida a un desgaste cada vez más intenso y con unos gastos de conservación que han presentado cada año mayor déficit respecto de lo que hubiera sido necesario para conservar la red en condiciones aceptables. Por supuesto, quiere esto también decir que las mejoras que la red sin duda requiere en determinados aspectos y en múltiples lugares no han podido realizarse, con lo que la perspectiva general es la de una decapitalización creciente o, si se prefiere decirlo de otro modo, una degradación progresiva de un capital que ya poseemos.*

*En la página 265 del Boletín decíamos en otro "Comentario de Actualidad" más o menos lo mismo que aquí estamos indicando, aunque con cifras concretas referidas al ejercicio de 1978. Para 1979, la situación hasta ahora es peor, si bien hay esperanzas de que la rápida aprobación del Presupuesto y la utilización en conservación de carreteras de fondos procedentes de otras partidas del Presupuesto que no sería posible utilizar en los plazos necesarios, hagan posible una mejora de aquí a fin de año.*

*Parece conveniente insistir aquí en que la conservación de carreteras a que nos estamos refiriendo no consiste solamente en realizar los bacheos que son urgentemente necesarios en numerosos tramos de la red (ya es necesario preparar los planes de viaje por carretera teniendo en cuenta el estado de cada tramo y desviándose a veces de la distancia más corta en el mapa para buscar recorridos más tolerables para el vehículo), sino también reforzar los firmes en numerosos tramos, especialmente de los primeros que se incluyeron en el Plan Redia, tramos para los que estaba previsto un refuerzo posterior, necesario forzosamente en razón del aumento de los tráficos y la acumulación de las fatigas, pero que hasta ahora no los han recibido por razones esencialmente presupuestarias.*

*Esperemos que cuando este Boletín salga a la luz, el Presupuesto para 1979 esté ya definitivamente aprobado y se haya podido iniciar esa reactivación de los trabajos de conservación que tan necesaria es en muchos aspectos. Y teniendo en cuenta cómo suelen desarrollarse las cosas, creemos que hay que empezar ya a proclamar la necesidad de que el Presupuesto de 1980 quede aprobado antes de diciembre de 1979, así como de que en este Presupuesto se asignen no sólo a la conservación, que es imposible descuidar, sino también a la construcción de carreteras, fondos suficientes no sólo para detener el proceso de degradación de nuestra red, actualmente en marcha, sino para iniciar una mejora que le permita adaptarse a las necesidades crecientes del tráfico, a todas luces necesario en un país donde más del 65 por 100 del transporte de mercancías se realiza por la red de carreteras.*

# El lector opina

Los grupos en la red social LinkedIn se han convertido en una de las herramientas más efectivas para compartir conocimiento, debatir y conocer a otros profesionales en campos afines a los nuestros.

En este número hemos querido compartir con vosotros una síntesis de las estadísticas del grupo ya que a partir de estos valores podéis evaluar la posibilidad de pertenecer a él ya no tanto por el título o los temas que se tratan dentro del grupo sino por la afinidad que se podría lograr a partir del flujo de información, de un rango de edad o región e incluso por la idoneidad de los integrantes de los mismos.

Como podéis observar, el grupo consta ya de más de 150 miembros desde su creación el pasado mes de julio. Solo el 44% de sus miembros son de Madrid o alrededores, es decir, que la mitad de sus miembros son de fuera de España. Los participantes son de diferentes ámbitos aunque bastante relacionados con el sector de la pavimentación, destaca que tan solo el 3% de los participantes pertenecen al sector de la investigación.



Síguenos en LinkedIn en el grupo ASFALTO&PAVIMENTACION



# Observatorio del sector

X

XX

## 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:

- Facil 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. Tecnico.

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)

CISTERNA TERMOFLUIDA



GRAVILLADORES  
AUTOMÁTICOS

CISTERNA EURO-S



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO PARA ESPAÑA

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

PASEO DE LA CASTELLANA, 210 - 9º - 2 - 28046 MADRID

TEL.: 91 345 37 33 / 91 353 07 50 - FAX: 91 345 07 06 - E-mail: javier@diezalonso.com

www.diezalonso.com





Madrid, 24 de Mayo de 2012

# VII Jornada Nacional asefma 2012

**PROGRAMA**

**VII Jornada Nacional  
asefma 2012**

24 de Mayo de 2012

**Reforzando el firme,  
consolidando el futuro**

**IFEMA**  
Auditorio Sur de la Feria de Madrid, IFEMA  
Avda. del Partenón - 28042 Madrid

**Coordinador: Andrés Costa**

**Temática:**

- Previsiones en refuerzo de firmes en 2012
- Análisis del estado actual de conservación de los firmes de las carreteras en España
- Desarrollos técnicos en la fabricación y extensión de las mezclas bituminosas
- Comunicaciones libres

Patrocinan:

Organiza: **asefma**

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

## Reforzando el firme, consolidando el futuro

### INSCRIPCIONES Y COSTE

El coste de la Jornada es de 200 € + IVA = 236 €

La inscripción debe formalizarse en:

[asefma@asefma.com.es](mailto:asefma@asefma.com.es)

tras haber realizado el ingreso en la Cuenta Corriente:

**Bankinter 0128 0013 29 0100041983**



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)