

ASFALTO

y pavimentación

Número 12 · Volumen IV · Primer trimestre · 2014

número **12**



El asfalto en cifras

EAPA acaba de publicar las cifras más representativas en lo que se refiere a la producción de asfalto a lo largo de 2012. Estos datos pueden compararse con los obtenidos en los cinco años anteriores, dando muestra del fuerte deterioro que ha sufrido esta industria en España

Más información en página 61

INTRAME

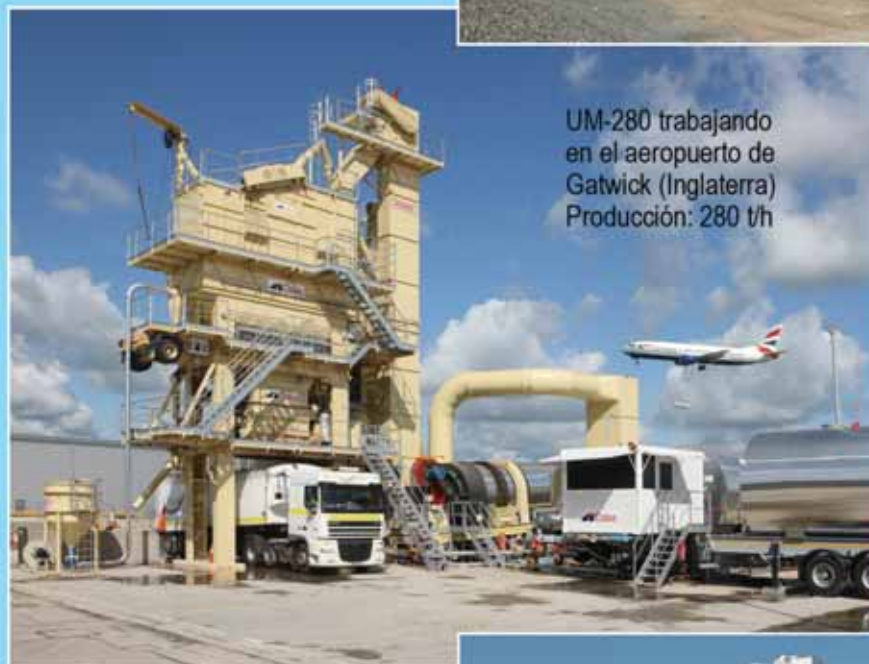
PLANTAS ASFÁLTICAS ▶ DEL TIPO ESTACIONARIO

Producciones de 80 a 400 t/h.

Equipos de reciclado en frío y en caliente como accesorios.



InNova 350 trabajando
en Polonia
Producción: 350 t/h



UM-280 trabajando
en el aeropuerto de
Gatwick (Inglaterra)
Producción: 280 t/h

◀ PLANTAS ASFÁLTICAS ULTRA-MÓVILES

Producciones de 80 a 400 t/h.

Todas las unidades
principales montadas
sobre ruedas

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



M-280 trabajando
en Girona
Producción: 280 t/h



Número 12 · Volumen IV
Primer trimestre · 2014

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

Alberto Bardesi, Andrés Costa,
Jesús Felipe, Jacinto Luis García
Santiago, Lucía Miranda, Jorge Ortiz,
Anna París, Nuria Querol, 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 12 · Volumen IV · Primer trimestre · 2014

Editorial

Ayer y hoy, un comentario de actualidad acerca de la política
de conservación de carreteras

05

Tribuna

Miguel Ángel del Val

07

Tribuna

José Antonio Soto

09

Nuevo sistema de vía en placa bituminosa (Proyecto BITUVÍA)

José Ramón López, Jesús Felipe, Francisco Sánchez,
Marin Cuzic, Antonio Martínez, Iván Guilló, Guillermo Ares,
Beatriz Ángel, Julia Real, Laura Montalbán

11

Método de Ensayo UGR-FACT para el estudio del comportamiento a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas

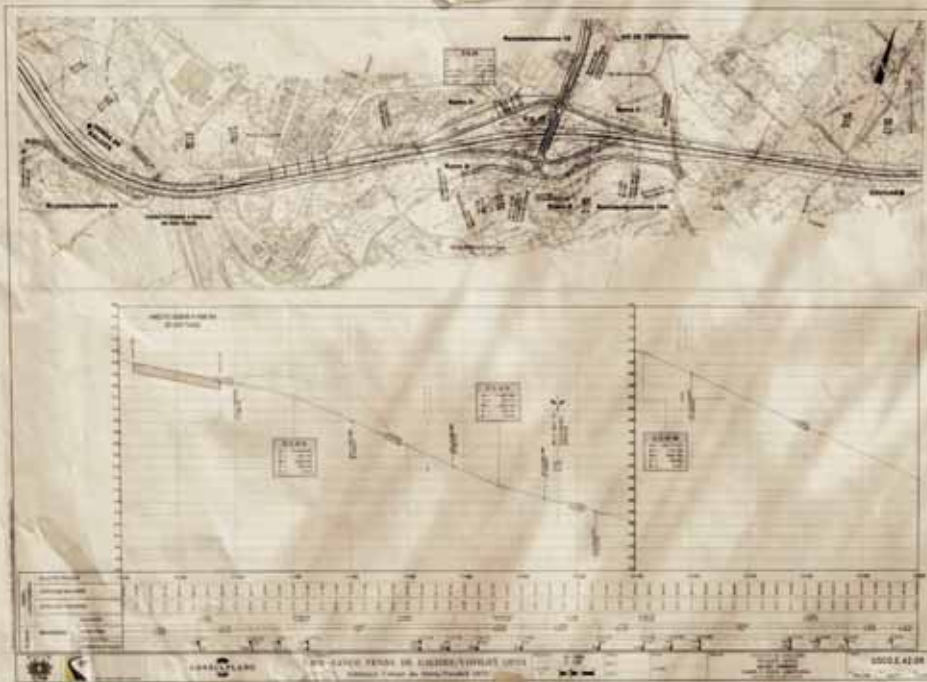
Fernando Moreno Navarro, Mª Carmen Rubio Gámez

29

Secciones fijas

Descripción de ensayos para mezclas bituminosas, Normativa,
Calendario, Publicaciones, Mirando al pasado, Redes sociales,
Lecturas recomendadas, Observatorio del sector

41



1/4 de obra es obra nuestra

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

Tel.: 91 714 67 00 - Fax: 91 714 68 71 - E-mail: buzon.espana@galpenenergia.com



El ejercicio 2014 está perdido

Esta frase, utilizada por Juan Lazcano, presidente de la Confederación Nacional de la Construcción, en su intervención en la clausura de la Asamblea de Asefma el pasado mes de enero de 2014, fue un auténtico mazazo para todos los asistentes, por lo que significa para un sector que viene soportando ya cinco años de licitaciones bajo mínimos en materia de rehabilitación de firmes de carretera. Su expresión estaba justificada, y así lo explicó, por la imposibilidad de recuperar en este año 2014 la inversión en obra pública pues, a pesar de las numerosas quejas y reclamaciones presentadas, el proyecto de Ley de los Presupuestos del Estado pasó su trámite parlamentario sin modificar los recortes que, por cuarto año consecutivo, se vienen aplicando en el capítulo dedicado a la conservación de las carreteras.

Las drásticas reducciones presupuestarias suponen, además, un agravio comparativo para la actividad específica de la rehabilitación de los firmes: el recorte que se ha producido en el programa 453C de los Presupuestos Generales del Estado (Programa de conservación y explotación de carreteras del Ministerio de Fomento), pasándose de los 1.330,25 millones de euros de 2009 (con el incremento que supuso el plan E) a 818,20 millones para 2014, ha afectado sólo moderadamente a la mal denominada conservación integral, dirigida básicamente a las condiciones de vialidad, pero que apenas actúa en los elementos fundamentales de las carreteras (firmes y señalización). Esto ha supuesto que los recortes se hayan aplicado, en su práctica totalidad, a las licitaciones para rehabilitación de firmes, que han pasado así de cifras del orden de 560 millones de euros en el año 2008 a tan sólo 94 millones acumulados en todo el período comprendido desde enero de 2009 hasta la fecha (incluso en 2011 y en 2012 no se licitó absolutamente nada).

Esta situación que se ha dado en la red de carreteras del Estado se viene repitiendo también de manera similar en las redes dependientes de las otras administraciones (comunidades autónomas, diputaciones, cabildos y consejos insulares y ayuntamientos). Las excepciones son tan escasas que se pueden contar con los dedos de una mano.

¿Están los ciudadanos en disposición de soportar esta situación otro año más? ¿Pueden aguantar otro año más sufrien-

do el deterioro exponencial de los firmes? Los ciudadanos deben ser conscientes de que, mientras hay partidas presupuestarias que se han incrementado apreciablemente (por ejemplo, la destinada a subvencionar a los partidos políticos), sólo se consignan unas cantidades ridículas para atender las necesidades reales de rehabilitación de los firmes. Además, las condiciones de licitación y de adjudicación, junto con el depauperado estado del sector, conducen a unas bajas desorbitadas que hacen que los importes de las adjudicaciones sean aún más ridículos.

La carretera, como ocurre en la mayoría de los países, es el modo más utilizado en España en el transporte interior: el 90% de los viajeros/km y, en mercancías, el 85% de las toneladas/km. Por otro lado, sabemos sobradamente que un firme en mal estado puede aumentar hasta un 34% el consumo de combustible de los vehículos, puede disminuir su vida útil hasta un 25% y, sobre todo, influye en el cansancio y en la tensión de los conductores, lo que puede ser determinante en un aumento del riesgo de accidente. Existen también numerosos estudios internacionales que demuestran que siempre la conservación preventiva es más económica que la conservación curativa. Pero en España no se está llevando a cabo ni una ni otra desde hace más de cinco años. Seamos conscientes de las consecuencias.

Ha llegado, quizás, el momento de que los ciudadanos exijan a sus representantes parlamentarios la elaboración, sin más dilaciones, de una Ley que obligue a las administraciones a destinar anualmente los recursos necesarios para la conservación de las carreteras (no sólo para mantener las condiciones de vialidad, como sucede actualmente). Es esencial que tengamos planes y programas que permitan mantener el valor patrimonial de las redes viarias españolas, que se estima en 185.000 millones de euros (sin incluir las vías de titularidad municipal); si se continúa con la política actual, una buena parte de este valor se perderá irreversiblemente.

Exijamos, en definitiva, que este 2014 sea el último en el que, al menos desde el punto de vista de la conservación de las carreteras españolas, nos veamos obligados a decir al comienzo del año: este ejercicio está perdido.



Con PROAS
vuelve a estrenar
carretera.

Nuestra amplia gama de productos cuida y conserva el buen estado de las carreteras. Desde masillas sellantes hasta la gama ELASTER, última generación de betunes modificados con polímeros. Sea cual sea tu necesidad elige PROAS y estarás apostando por productos de última tecnología pensados para alargar la vida de la carretera.

Más información en www.proas.es

 **CEPSA**

Transparencia y conservación de carreteras



Miguel Ángel del Val Melús
Catedrático de Universidad
Universidad Politécnica
de Madrid

En el Boletín Oficial del Estado de 10 de diciembre de 2013 se publicó la Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno. Su preámbulo comienza con este párrafo:

"La transparencia, el acceso a la información pública y las normas de buen gobierno deben ser los ejes fundamentales de toda acción política. Sólo cuando la acción de los responsables públicos se somete a escrutinio, cuando los ciudadanos pueden conocer cómo se toman las decisiones que les afectan, cómo se manejan los fondos públicos o bajo qué criterios actúan nuestras instituciones podremos hablar del inicio de un proceso en el que los poderes públicos comienzan a responder a una sociedad que es crítica, exigente y que demanda participación de los poderes públicos".

Más adelante, todavía en el preámbulo, se señala:

"La Ley amplía y refuerza las obligaciones de publicidad activa en distintos ámbitos. En materia de información institucional, organizativa y de planificación exige a los sujetos comprendidos en su ámbito de aplicación la publicación de información relativa a las funciones que desarrollan, la normativa que les resulta de aplicación y su estructura organizativa, además de sus instrumentos de planificación y la evaluación de su grado de cumplimiento".

Ya en el articulado de la Ley, concretamente en su artículo 6.2, se establece: *"Las Administraciones Públicas publicarán los planes y programas anuales y plurianuales en los que se fijan objetivos concretos, así como las actividades, medios y tiempo previsto para su consecución. Su grado de cumplimiento y resultados deberán ser objeto de evaluación y publicación periódica junto con los indicadores de medida y valoración, en la forma en que se determine por cada Administración competente".*

Si pensamos en cómo la Ley, particularmente los párrafos transcritos, podría incidir en unas actividades de las que son responsables unas determinadas administraciones públicas, como son la conservación y la rehabilitación de las carreteras, quizás podríamos tener la esperanza de que las cosas se hiciesen de una manera muy distinta de cómo se han venido haciendo hasta ahora. Podríamos tener la esperanza, efectivamente, de que esas administraciones públicas explicaran los criterios con los que desarrollan la ejecución de los presupuestos que tienen asignados para esas tareas; podríamos también tener la esperanza de que en todo momento cualquier ciudadano pudiera saber, de forma sencilla y directa a través de una web, cuáles son las necesidades de conservación y de rehabilitación a las que se está haciendo frente o a las que habría que hacer frente si las partidas presupuestarias consignadas lo permitieran.

Desgraciadamente no parece, sin embargo, que la Ley 19/2013 vaya a servir, al menos a corto plazo, para colmar esas esperanzas. La Ley termina con una disposición adicional novena, la relativa a la entrada en vigor, que tiene la siguiente redacción:

"La entrada en vigor de esta ley se producirá de acuerdo con las siguientes reglas:

- *Las disposiciones previstas en el título II entrarán en vigor al día siguiente de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».*
- *El título preliminar, el título I y el título III entrarán en vigor al año de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».*
- *Los órganos de las Comunidades Autónomas y Entidades Locales dispondrán de un plazo máximo de dos años para adaptarse a las obligaciones contenidas en esta Ley".*

Por tanto, solo el título II de la Ley, relativo al buen gobierno, ha entrado en vigor, pero solo en el ámbito de la Administración General del Estado y de sus entidades dependientes. Para que las disposiciones relacionadas con la transparencia entren en vigor habrá que esperar hasta diciembre de 2014 en el ámbito estatal y hasta diciembre de

2015 en los restantes ámbitos. Esto constituye una verdadera anomalía en la aplicación de una disposición legislativa del más alto rango.

Por otro lado, no conviene pasar por alto que muchos artículos de la Ley están redactados con un exceso de cautela en cuanto a la obligatoriedad de aplicar lo que podríamos denominar un principio universal de transparencia. Sobre todo se introducen multitud de matices e incluso excepciones, más allá de las obvias, que inducen a pensar que las administraciones podrían no acabar siendo totalmente transparentes, sino translúcidas como mucho.

La cuestión que se plantea inmediatamente es inevitable: ¿se quiere de verdad que haya transparencia o no? La conclusión de quien esto firma es que el Gobierno de España se ha visto empujado a llevar a las Cortes Generales esta materia, pero que no está convencido de que se trate de algo bueno. Incluso, aunque esto no es más que una opinión personal, cabría preguntarse para qué hace falta legislar, más allá de la promulgación de unas pocas reglas de funcionamiento operativo, sobre una materia que ante todo y sobre todo requiere de una voluntad política. Muchos ciudadanos exigimos transparencia porque estamos convencidos de que es un principio básico de un sistema democrático, de que la opacidad está en los orígenes de la corrupción e incluso de que con transparencia el funcionamiento de las administraciones públicas resulta mucho más eficiente. El convencimiento del Gobierno de España hay que ponerlo en duda desde el momento en que promueve una legislación al respecto de esta manera y se pospone exageradamente la entrada en vigor de lo legislado.

Desde un punto de vista práctico, ¿qué importancia tiene todo lo expuesto en relación con la conservación y la rehabilitación de las carreteras? Ya se ha indicado más arriba que sería bueno que las administraciones públicas competentes en la materia explicasen los criterios con los que aplican los presupuestos de los que disponen y también que sería igualmente bueno que se conociese en todo momento cuáles son las necesidades de conservación y de rehabilitación a las que hay que hacer frente.

En este momento algunos creemos que los créditos presupuestarios disponibles en materia de conservación y explotación de carreteras (los consignados en el Programa 453C en el caso de los Presupuestos Generales del Estado) no se están aplicando de la mejor manera posible. Podría ser

que estuviéramos equivocados, pero las administraciones no hacen ningún esfuerzo por justificar su gestión ni por rendir cuentas, en el más amplio sentido de la expresión, más allá de declaraciones altisonantes, muy poco fundamentadas y, en consecuencia, nada convincentes. Por otro lado, muchos ciudadanos son cada vez más conscientes de que el estado de los pavimentos de las carreteras está empeorando a ojos vista y piensan además que cuando se lleva a cabo alguna acción al respecto se hace solo con base a criterios de clientelismo. Resulta pues muy clara la conveniencia de que las administraciones públicas titulares de las redes viarias informasen de manera permanente de los parámetros que definen con rigor el estado de los pavimentos: cualquier ciudadano podría así contrastar su valoración cualitativa con una valoración cuantitativa precisa que, sin duda, le serviría para saber si sus sensaciones e imprecisiones responden o no a la realidad. Por otro lado, ese ciudadano podría comprobar, si así lo deseara, que sus impuestos se están usando no ya donde el cree que deberían usarse, sino donde de verdad son más necesarios.

¿Hay dificultades para aplicar de inmediato estos principios de transparencia sobre la conservación y la rehabilitación de las carreteras? Quien esto firma considera que pueden esgrimirse muchos pretextos (de hecho, se vienen esgrimiendo desde hace años), pero que no hay ninguna razón fundada para que no se den estas informaciones, independientemente de lo que establezca o deje de establecer la Ley y de cuándo puedan entrar en vigor sus disposiciones. Como se ha indicado, y no cabe sino subrayarlo, la transparencia y la libre disposición de información redundarían inmediatamente en una mayor eficiencia de las administraciones públicas responsables de la conservación y de la explotación de las redes viarias.

¿Se nos escucha o sólo se nos oye?



José Antonio Soto
Vocal de la revista
Asfalto y Pavimentación

Es posible que, con la jubilación, se le escapen a uno detalles y matices de los diferentes acontecimientos relacionados con la profesión, todavía puedo hablar de profesión, que no habrían pasado inadvertidos cuando la dedicación, durante mi vida profesional, a las carreteras era del cien por cien.

Sin embargo, hay algo que se llama coherencia, estadísticas, referencias, hemerotecas, etc, que nos deberían aclarar la visión del futuro, después de haber disfrutado en el pasado y estar sufriendo el presente.

Se nos dice que el sector de las carreteras ha llegado al límite más bajo en la fabricación de mezclas asfálticas, pero si, como se nos dijo en la última Asamblea de ASEFMA, el 2014 está perdido, no creo que el dato que se dé dentro de un año vaya a ser mejor que las escasas 15 millones de toneladas del 2013.

¿Cómo un sector, que ha bajado su producción de casi 50 millones de toneladas en 2007 a menos de 15 millones (un 70% menos), puede mantenerse? Naturalmente, no ha sido gratis, en el camino se han cerrado empresas y muchas personas han pasado a engrosar las listas del paro.

Además, se nos reconoce en la citada Asamblea que la gestión no ha sido buena durante 2013. ¿Sólo en 2013? ¿Se nos han olvidado las bajadas de producción durante 2012, 2011...?

Comprendo el soplo de ánimo por parte de las diferentes asociaciones hacia sus socios, pero ya son siete años de bajadas y no será el último.

¿En qué seguimos fallando? ¿Hasta cuándo el sector va a aguantar tantos despropósitos en la gestión de nuestras carreteras? Se nos oye en los despachos, pero dudo que se nos escuche. Cada año son más las promesas incumplidas.

De momento, las decisiones van, como decía al principio, en el sentido del cierre de empresas, reducción de plantillas, a veces, muy cualificadas y, por supuesto, reducción de todo tipo de gasto, por pequeño que sea, relacionado con pertenencia a asociaciones, I+D, formación etc. Son, de momento, siete años de agonía, y no creo que estemos ya en el final.

¿Qué pueden hacer las empresas que todavía subsisten? Seguir así hasta morir de inanición o bien hacer caso a las voces críticas, que las hay, en el sector, para demostrar a las diferentes administraciones de carreteras que ya está bien.

¡Y ahora sólo nos faltaba este invierno tan lluvioso! El efecto del agua, la gran enemiga de las carreteras, unida a las administraciones, que no gastan en la conservación del pavimento, las llevará a una situación mucho más extrema, al entrar cómodamente y sin obstáculos por las grietas y fisuras, tan familiares hoy en nuestras carreteras, por no estar adecuadamente conservadas, hasta el núcleo del firme, que es donde más daño puede hacer.

Así pues, debemos pasar del “autoescucharnos” al “queremos que se nos escuche!”

Creo que los propietarios y gerentes responsables de las diferentes empresas fabricantes de mezclas asfálticas, personalmente, deben tomar las riendas y sentarse para hablar al más alto nivel con las administraciones de carreteras.

¿Cómo se puede admitir, sin dimitir, que se ha realizado una “mala gestión” durante todo un año sin que pase nada?

Se nos dice que se ha tocado fondo... ¿Alguien cree de verdad que la tendencia cambiará en breve? ¿Qué aumento en la fabricación de toneladas admitiríamos para que el cambio sea real y las empresas puedan sobrevivir? ¿A qué precio tendrán que ofertar las empresas para quedarse con las obras en futuras licitación? ¿Para cuándo la Compra Pública Innovadora?

En fin, son muchas preguntas, que seguro alguien las sabrá contestar... Espero y, como decía al principio, a un jubila-do se le pueden escapar.



Soluciones asfálticas

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

Total compromiso con la innovación y desarrollo de alternativas ecológicas.

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

NOSBUR®

Especialidades para aplicaciones asfálticas

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



Grupo
Campi y Jové, S.A.

Nuevo sistema de vía en placa bituminosa (Proyecto BITUVÍA)

En este artículo se describe un nuevo diseño de vía en placa bituminosa, como alternativa a las patentes europeas más extendidas (GETRAC y ATD), exponiéndose los resultados obtenidos dentro del proyecto BITUVÍA, en el que, mediante la instrumentación de un banco de pruebas a escala real y la acción de un Dispositivo Excitador de Vía (DEV), especialmente diseñado y construido dentro del proyecto, se ha podido validar el diseño propuesto, simulando sobre la vía, la acción de un tren de alta velocidad durante su periodo de servicio.

Palabras clave: Bituvía, vía en placa bituminosa, vía de alta velocidad, tren de alta velocidad

A new design of bituminous slab track as an alternative to more extended European patents (GETRAC and ATD) is described in this article. The results of BITUVIA project are showed, implementing a test scale and the action of a Device Railway Exciter (DEV), specially designed and built within the project. Validation of proposed design was possible by simulation of the action of a high-speed train during their period of service on the track.

Keywords: Bituvía, bituminous slab track, high-speed track, high-speed train

José Ramón López, jrlopez@pavasal.com
Jesús Felipo, jfelipo@pavasal.com

Pavasal

Francisco Sánchez, fsanchez@precon.cemolins.es
Marín Cuzic, mcuzic@precon.cemolins.es

Precon

Antonio Martínez, ambuen@gecival.es
Iván Guilló, ivguipe@gecival.es

Gecival

Guillermo Ares, tmetalbierzo@gmail.com
Beatriz Ángel, beatrizangelbarba@gmail.com

T-Metal

Julia Real, jureahe@tra.upv.es
Laura Montalbán, laumondo@cam.upv.es

UPV

ha pasado de unas velocidades relativamente pequeñas a velocidades que rondan los 300 km/h; ello conlleva cambios profundos en las sollicitaciones que sufre la vía de alta velocidad.

Actualmente existen principalmente dos tipologías de vía diferentes para ferrocarril, la vía convencional de balasto y la vía en placa. Esta última, a su vez, puede estar formada por hormigón o mezclas bituminosas, con o sin carril embebido.

La vía convencional de balasto se caracteriza por disponer traviesas de hormigón embebidas dentro de un lecho de balasto. El inconveniente principal de este tipo de vías es su elevado coste de mantenimiento, viéndose este problema fuertemente incrementado con los nuevos requerimientos exigidos al ferrocarril: altas velocidades de recorrido y elevadas cargas por eje.

Las vías en placa de hormigón destacan, respecto a las de balasto, por su comportamiento monolítico. Por esta razón, su mantenimiento es mucho menos frecuente y, por lo tanto, los costes a largo plazo son mucho menores. Por otra parte, se evita el problema del vuelo del balasto a altas velocidades de circulación. Sin embargo, su inconveniente principal reside en su alta rigidez a flexión. Este hecho provoca que la vía apenas pueda soportar los asientos diferenciales de las capas granulares inferiores y por lo tanto tenga una facilidad notable para fisurarse e incluso colapsar sobre todo en tramos de vía con alturas de relleno considerables.

1. Introducción

Durante los últimos años del pasado siglo, en el ámbito del ferrocarril, se ha producido una transformación espectacular; se

Nuevo sistema de vía en placa bituminosa (Proyecto Bituvia)

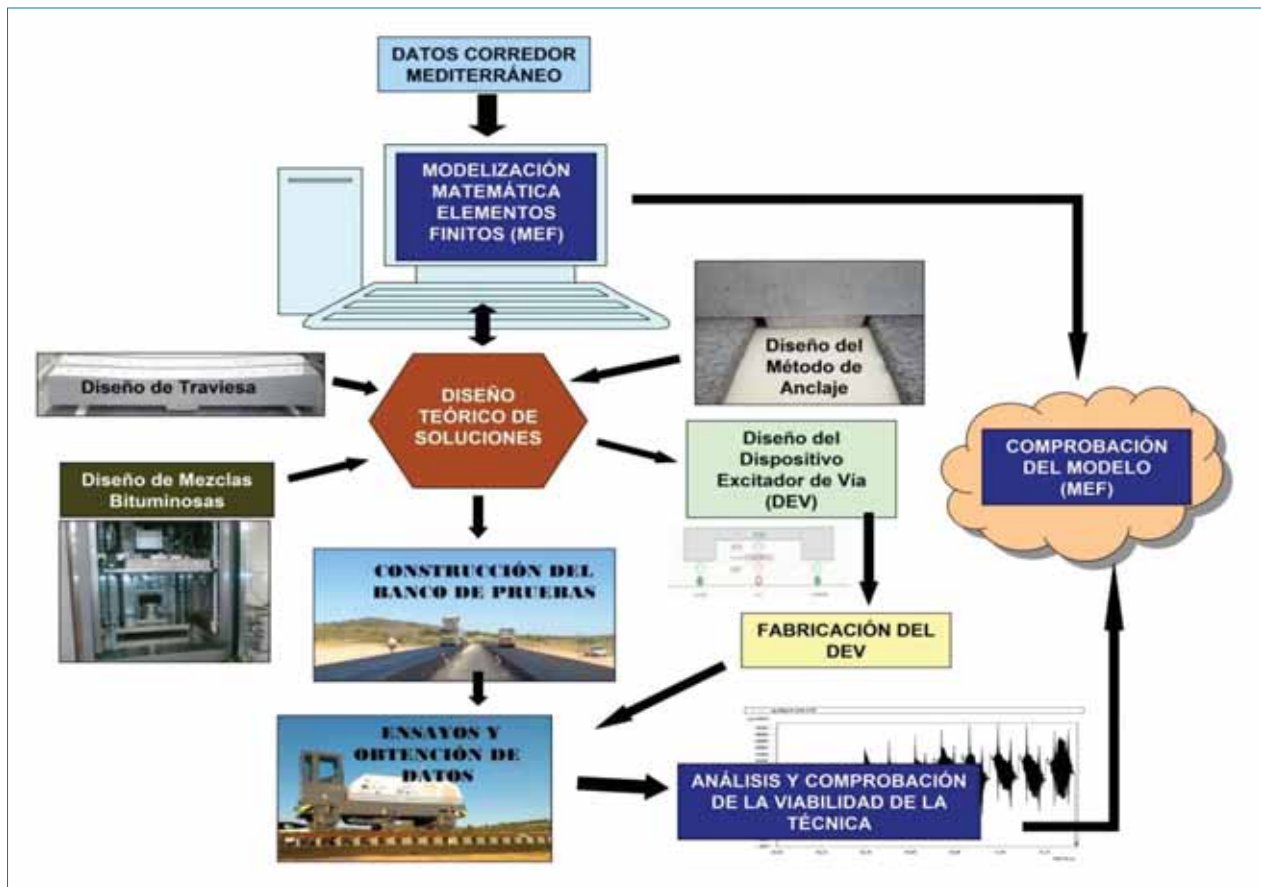


Figura 1. Esquema del proceso seguido en Bituvia.

Por su parte, las vías en placa constituidas por mezclas bituminosas ofrecen las ventajas que se comentaban para cualquier tipología de vía en placa y, además, disponen de mayor capacidad para admitir elevados asientos diferenciales, propios de rellenos de altura considerable. Adicionalmente, favorecen la atenuación de vibraciones provocadas por el paso de vehículos y la reducción del nivel de ruido emitido.

Estas características hacen que las vías en placa de material bituminoso sean adecuadas para el sector del ferrocarril de altas prestaciones. Desde hace varias décadas, existen diversos sistemas y patentes que han sido desarrollados, principalmente en Alemania, entre los que destacan: el sistema GE-TRAC (German track Corporation) y el sistema ATD (Asphalt Railspan Direct Support), que han sido probados en España (Corredor Mediterráneo), aunque actualmente no existe ninguna tecnología o patente desarrollada en nuestro país.

Con la idea de desarrollar técnicas propias en este sector, surge el Proyecto BITUVÍA "Proyecto, diseño, análisis, construcción y homologación de una nueva vía en placa de mate-

rial BITUminoso para líneas ferroviarias de alta VelocIdAd". Este proyecto comenzó a desarrollarse a principios de 2010 y lo lleva a cabo un consorcio de empresas privadas junto con la Universidad Politécnica de Valencia. El consorcio de empresas está formado por las empresas valencianas PAVASAL y GECIVAL, la leonesa T-METAL y la madrileña PRECON. El proyecto tiene un presupuesto de 3,2 millones de euros y está cofinanciado por el CDTI.

El objetivo que persigue este proyecto es el diseño de un nuevo sistema de vía en placa mediante el desarrollo de una mezcla bituminosa que sustituya al balasto granular. El proyecto también contempla el diseño de una traviesa compatible con la nueva configuración, además del desarrollo de una máquina que sea capaz de inducir a la vía acciones similares a las que va a estar sometida durante su vida útil para validar su respuesta y comportamiento, antes de su puesta en servicio.

A continuación, se expone el proceso seguido en el proyecto y las conclusiones obtenidas hasta el momento.

2. Desarrollo y calibración de los modelos matemáticos

Para poder emprender la tarea de diseño de la vía en placa bituminosa y realizar el estudio teórico del comportamiento estructural de la misma, se ha recurrido a métodos de modelización matemática, utilizando el Método de los Elementos Finitos (MEF).

Utilizado el programa ANSYS, se puede reproducir virtualmente el comportamiento estructural de las diferentes capas de los materiales integrados en la propia vía, simulando las cargas que verdaderamente transmite el ferrocarril a su paso y resultando así un análisis más rápido, versátil y económico que la realización de multitud de prototipos a escala real.

El MEF emplea métodos de discretización espacial y temporal, mediante la aproximación numérica para encontrar soluciones a problemas ingenieriles o físicos. La idea general del método de los elementos finitos es la división de un continuo en un conjunto de pequeños elementos interconectados por una serie de puntos, llamados nodos.

Sin embargo, no debemos olvidar que esto no deja de ser un método aproximado de cálculo, debido principalmente a las hipótesis básicas seleccionadas. Por lo que, para validarlos, debemos apoyarnos en experiencias reales, que depuren las variables introducidas y nos permitan su utilización para futuros diseños.

Para ello, dentro del proyecto, se han empleado las experiencias de vía en placa bituminosa realizadas hasta el momento en España, llevadas a cabo en el tramo experimental

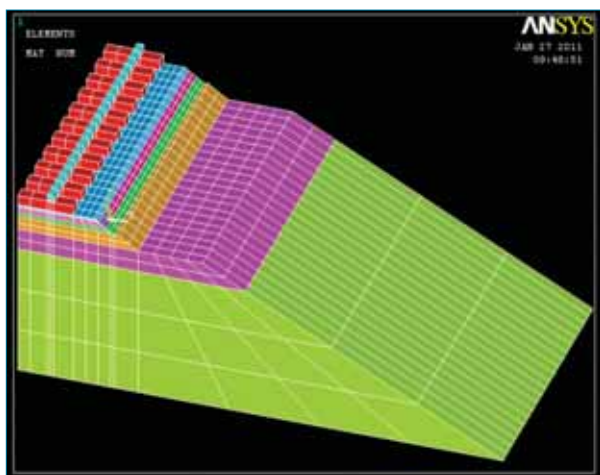


Figura 2. Representación gráfica del programa ANSYS.



Figura 3. Representación de resultados de modelización.

de Benicàssim, de la línea Valencia-Barcelona (Corredor del Mediterráneo) en las que, aprovechando la construcción de este corredor, se realizaron seis sistemas distintos de vía en placa. Cuatro de ellos sobre hormigón (Edilon, Rheda Dywidag, Rheda 2000 y Stedef) y dos de ellos son sobre asfalto (ATD y GETRAC).

Los tramos anteriormente citados están totalmente monitorizados, por lo que se dispone de una información muy valiosa de ciertas magnitudes, que definen con precisión el comportamiento estructural de las secciones de vía. Gracias a estos datos, se ha podido recrear y calibrar el modelo numérico basado en elementos finitos, capaz de representar el estado tenso-deformacional de la vía.

Una vez calibrado el modelo, se está en disposición de poder diseñar y estudiar diversas configuraciones de vía, en la que los datos resultantes de la modelización son parámetros que definen el comportamiento a fatiga de cada material:

- Tensiones verticales máximas transmitidas por la traviesa.
- Máxima deformación horizontal de tracción en la fibra inferior de la mezcla bituminosa.
- Máxima tensión horizontal de tracción en la fibra inferior de las capas tratadas.
- Máxima deformación vertical de compresión en la fibra superior de los materiales granulares como la capa de forma o la explanada.

3. Diseño de la nueva vía en placa

En esta tarea se trataba de dar respuesta a todas las unidades que componen y acompañan a la vía en placa. En primer lu-

Nuevo sistema de vía en placa bituminosa (Proyecto Bituvia)

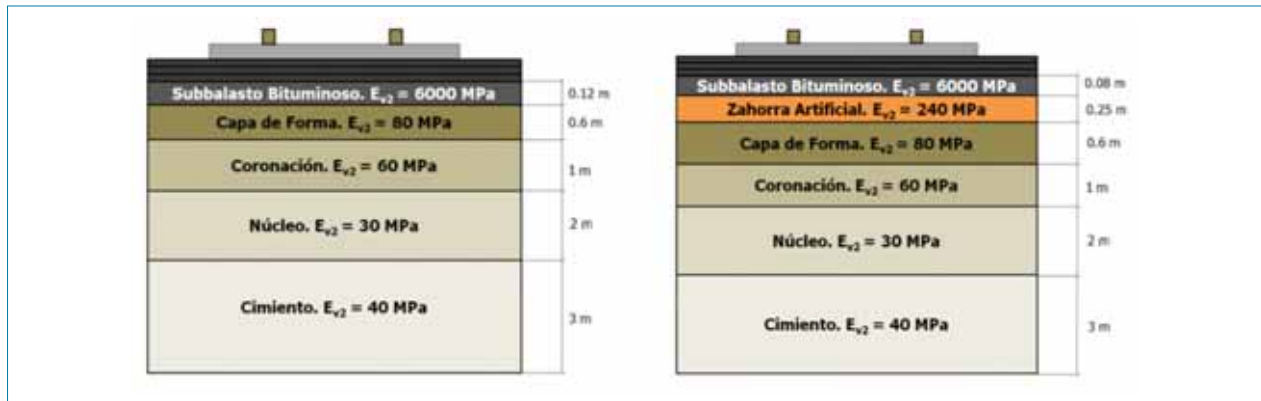


Figura 4. Sección A Bituvia / Sección B Bituvia

gar, el estudio de sección estructural que supone la definición de la infraestructura y la superestructura de la losa a diseñar (materiales y procedimiento de ejecución), en segundo lugar, el dimensionamiento de la traviesa y sus sujeciones, y por último, el método de anclaje de la misma a la superficie de la losa.

3.1 Secciones estructurales seleccionadas

Debido a la naturaleza del proyecto, de todas la secciones propuestas originalmente se seleccionaron para estudio aquellas que no contuviesen en su sección capas tratadas con cemento (suelo cemento y/o gravacemento) y, además, en las que la capa de subbalasto estuviese formada también por una mezcla bituminosa.

Introduciendo las características mecánicas de los materiales y las diferentes configuraciones ideadas para la vía, se obtiene mediante el MEF, los resultados de tensiones y deformaciones para cada capa. Con esto y con las curvas de fatiga de los diferentes materiales, se puede obtener el criterio

de fallo estructural para un número especificado de ciclos o años establecidos.

Para este estudio, el criterio de diseño se ha establecido en 50 años, que para la frecuencia de paso anual de referencia (AVE Madrid-Valencia), tenemos 6,4 millones de ciclos. En estas circunstancias, la fatiga en la explanada resultaba ser el criterio más limitante. En todos los casos, los criterios de diseño se han comprobado variando los espesores y materiales de la superestructura, conservando la misma infraestructura.

Con respecto a la losa bituminosa, las dos secciones mostradas presentan el mismo tipo de materiales y capas, pero diferentes espesores.

La disposición de la sección A está diseñada para su colocación sobre la superficie del subbalasto en cualquiera de las infraestructuras estipuladas por el ADIF, mientras que en la sección B se ha querido realizar algo diferente, buscando sustituir parte de la capa de mezcla bituminosa por una capa equivalente de carácter granular, en forma de zahorra artificial que se ha dispuesto debajo de la capa de subbalasto bituminoso.

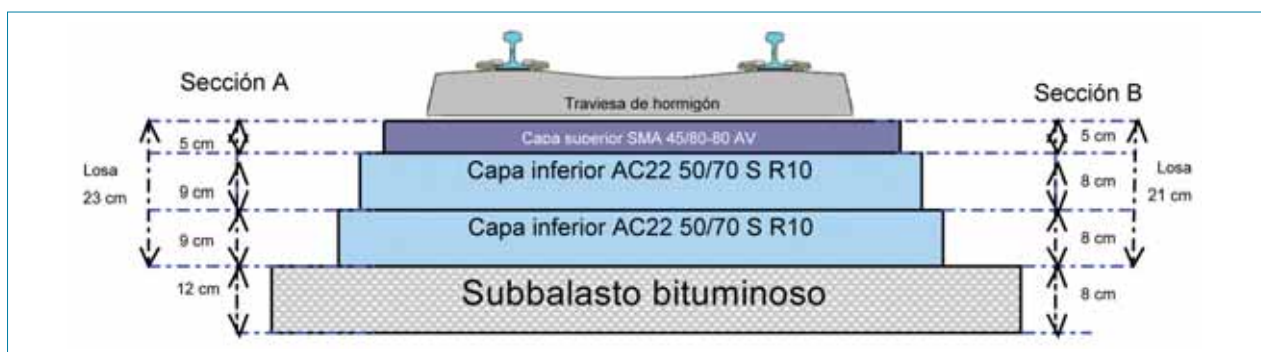


Figura 5. Representación de la sección de la losa bituminosa.

Tabla 1. Características mecánicas de la mezcla empleada en las capa inferiores AC 22 BIN 50/70 S R10.

Parámetro	Norma	Resultado	
AC22 50/70 S R10			
Contenido de ligante	UNE- EN 12697:39	S/M	4,4%
Densidad máxima	UNE- EN 12697:5	D _{máx}	2.545 kg/m ³
Densidad aparente	UNE- EN 12697:6	D _{aparente}	2.439 kg/m ³
Huecos mezcla	UNE- EN 12697:8	H _{mezcla}	4,2%
Huecos árido	UNE- EN 12697:8	H _{árido}	14,5%
Huecos rellenos	UNE- EN 12697:8	H _{rellenos}	71,3%
Estabilidad	UNE- EN 12697:34	Est	16,6 KN
Deformación	UNE- EN 12697:34	Def	2,4 mm
Tracción probetas en seco	UNE-EN 12697:23	ITS _{seco}	2,27 KPa
Tracción probetas en húmedo	UNE-EN 12697:23	ITS _{húmedo}	2,60 KPa
Sensibilidad al agua	UNE-EN 12697:12	ITSR	87,6%
Ensayo de rigidez	UNE-EN 12697:26	Módulo	7.867 Mpa
Ensayo en pista	UNE-EN 12697:22	WTS	0,04
Ensayo fatiga cuatro puntos 23 Hz	UNE-EN 12697	6,4 x 10 ⁶ ciclos	89 µm/m
Ensayo fatiga cuatro puntos 23 Hz	UNE-EN 12697	10 ⁶ ciclos	120 µm/m

En las pruebas realizadas se han empleado tres tipos de mezcla bituminosa diferentes. La primera se extiende encima de la capa de forma y constituye el subbalasto bituminoso; las otras dos forman la losa propiamente dicha, objeto de estudio de este proyecto.

La losa se divide en dos tipos de mezclas para ambas secciones, dispuestas en tres capas. En la parte superior se ha colocado una mezcla especial tipo SMA16 45/80-80 AV. Debajo de ésta se colocan dos capas compuestas por una única mezcla, que corresponde al huso de una AC22 BIN 50/70 S R10. En este caso, se ha optado por una mezcla reciclada al 10%, ya que, como se explica más adelante, se pretende aprovechar el material fresado que resulta del proceso de anclaje entre la traviesa y la losa. Esta mezcla permite ser sustituida por una mezcla AC22 BIN 35/50 S, en la que no se incorpora reciclado, sin que se alteren sensiblemente los resultados de la estructura.

Las características mecánicas de las capas inferiores se muestran en la Tabla 1.

Debido al comportamiento a flexión de la losa, las capas inferiores son las que más trabajan a tracción, siendo así las

que más van a sufrir el fenómeno de la fatiga, por lo que se han realizado diversos ensayos de laboratorio, que han permitido la obtención de las leyes de fatiga del material.

La ley utilizada finalmente para la comprobación estructural de la capa inferior es la correspondiente a una excitación cíclica a 23 Hz, que corresponde a la frecuencia de paso de ejes de un mismo bogie de un tren de alta velocidad circulando a 300 km/h (Figura 6).

Capa superior:

Los criterios de diseño de la capa superior obedecen a un estudio más elaborado. La selección de esta mezcla ha surgido de un análisis multicriterio, en el que se han ponderado los parámetros técnicos que se consideraban más relevantes para su correcto funcionamiento: características mecánicas convencionales (módulos de rigidez, fatiga, sensibilidad al agua, estabilidad, deformación, etc.), condiciones de permeabilidad, "resistencia al punzonamiento" y criterios de tipo económico y medioambiental.

De todas estas características, cabe destacar "La resistencia al punzonamiento", entendida como "la resistencia que

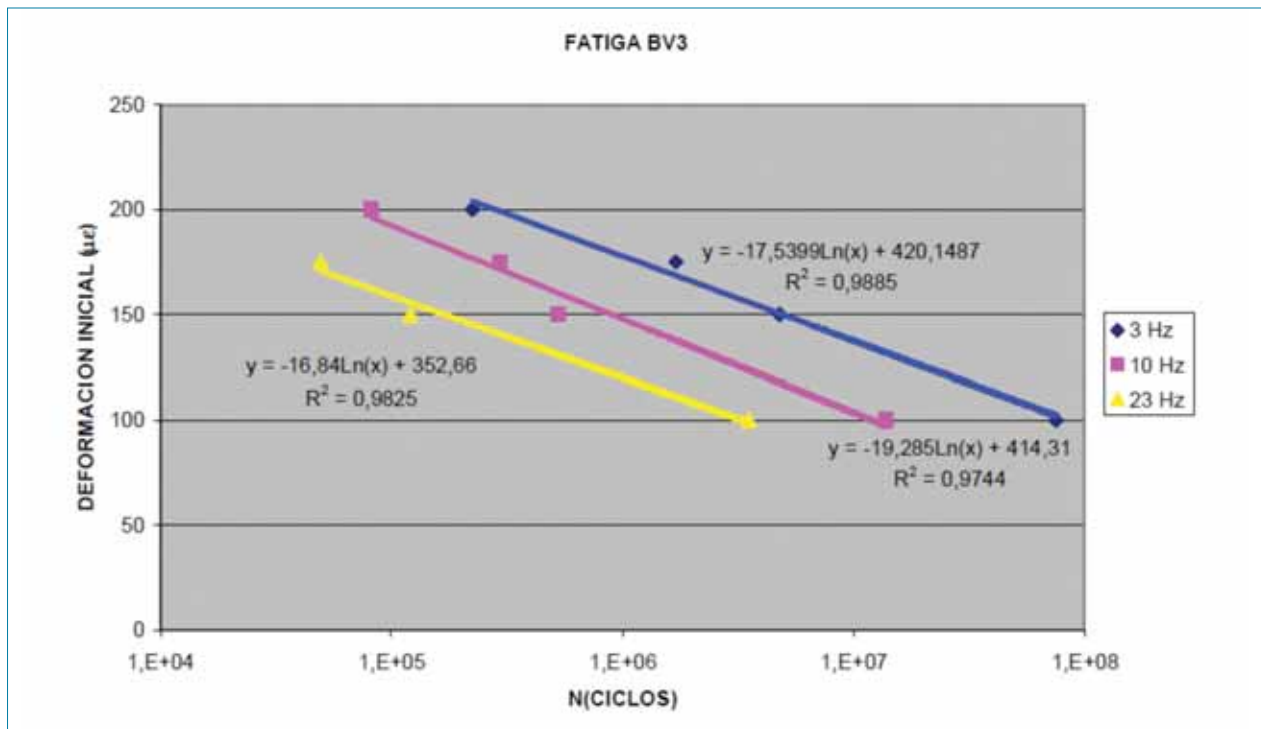


Figura 6. Gráficas de fatiga de la mezcla bituminosa, capas inferiores AC 22 BIN 50/70 S R10.

opone el material a sufrir una deformación permanente o corte vertical, cuando se le aplica un esfuerzo determinado (penetrante), sobre una superficie puntual, relativamente pequeña, con respecto al tamaño natural del objeto o muestra”.

Este “punzonamiento” se produce en la interacción entre la base de la traviesa y la superficie superior de la losa bituminosa, resultando uno de los parámetros prioritarios para el diseño de la capa superior. Valores bajos evitan deformaciones verticales en la regularidad de la vía y la aparición de grietas en la superficie de la losa.

Dentro del proyecto se ha diseñado un protocolo de ensayo que ha permitido comparar las distintas mezclas propuestas para esta capa en el laboratorio, midiendo en términos relativos la capacidad para resistir el punzonamiento a una temperatura de 40°C, tanto de forma estática como dinámica.

Como consecuencia de este estudio, se llegó a la conclusión de que las mezclas que menor punzonamiento ofrecían a temperaturas de 40°C, manteniendo unas características mecánicas aceptables, eran las del tipo SMA16, fabricadas con betunes modificados de alta viscosidad y celulosa. Las características de la mezcla que finalmente fue seleccionada se muestran en las tablas 2 y 3.

3.2 Traviesa, anclaje y método de ejecución

El diseño de la traviesa, el sistema de anclaje y el método de ejecución de la losa están íntimamente relacionados. La traviesa utilizada es tipo monobloque de hormigón pretensado y la unión con la losa se realiza mediante un tacón de anclaje

Tabla 2. Curva granulométrica de la mezcla empleada en la capa superior SMA 16 45/80-80 AV.

Mezcla BV-10 SMA 16 45 /80-80 AV Tamices (mm)	Curva granulométrica
22,4	100
16	96
11,2	83
8	54
4	31
2	21
0,5	11
0,063	7,2

Tabla 3. Características mecánicas de la mezcla empleada en la capa superior SMA 16 45/80-80 AV.

Parámetro	Norma	Resultado	
Contenido de ligante	UNE- EN 12697 :39	S/M	5,59%
Densidad máxima	UNE- EN 12697 :39	D _{máx}	2.444,2 kg/m ³
Densidad aparente	UNE- EN 12697:5	D _{aparente}	2.357 kg/m ³
Huecos mezcla	UNE- EN 12697:8	H _{mezcla}	3,6%
Huecos árido	UNE- EN 12697:8	H _{árido}	16,4%
Huecos rellenos	UNE- EN 12697:8	H _{rellenos}	77,4%
Estabilidad	UNE- EN 12697:34	Est	12,8 kN
Deformación	UNE- EN 12697:34	Def	2,6 mm
Tracción probetas en seco	UNE-EN 12697:23	ITS _{seco}	2,15 kPa
Tracción probetas en húmedo	UNE-EN 12697:23	ITS _{húmedo}	2,12 kPa
Sensibilidad al agua	UNE-EN 12697:12	ITRS	98,4%
Ensayo de rigidez	UNE-EN 12697:26	Módulo	5.523 Mpa
Ensayo en pista	UNE-EN 12697:22	WTS	0,02 mm
Punzonamiento dinámico 40°C	Bituvía	Def. 10 ⁶ ciclos	0,4 mm
Punzonamiento estático 40°C	Bituvía	4 horas	0,55 mm

de hormigón situado en la parte inferior de la traviesa y solidario a la misma, que se introduce en el hueco practicado en la capa superior de la losa.

Mediante el análisis del MEF, se han podido evaluar las fuerzas y tensiones que intervienen en esta interfase y se ha llegado al diseño definitivo de la traviesa estableciendo las dimensiones, peso, armado y forma del tacón.

Aunque actualmente existen medios técnicos para realizar una perfecta nivelación en el extendido de la mezcla bituminosa, en el dimensionamiento de la traviesa debemos contemplar los casos en los que el apoyo inferior no va a poder ser uniforme, generándose así unas solicitaciones a flexión que hay que resolver mediante el incremento del esfuerzo de pretensado.

Por otra parte, había que incorporar un suplemento para tacón de anclaje. La condición que se imponía era que este molde especial debía pasar sin problemas por la mayoría de las máquinas de la línea de fabricación y que se debía poder apilar en las carpas de curado teniendo por arriba y por abajo otros moldes. Por este motivo la altura del tacón quedaba limitada a 50 mm, quedando posteriormente esta dimensión comprobada estructuralmente gracias al cálculo de las tensiones del tacón mediante el MEF.

Este tacón está diseñado para encajar en el hueco practicado en la superficie superior de la losa. Después de probar varias alternativas, se llegó a la conclusión de que la mejor

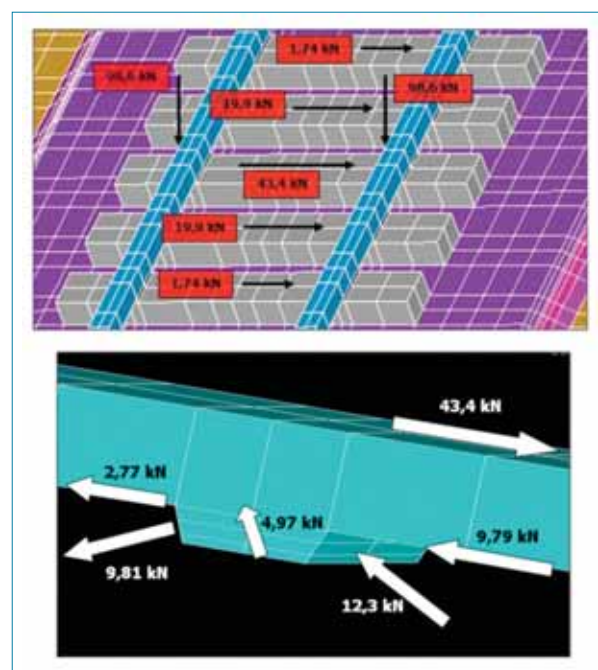


Figura 7. Representación gráfica de las fuerzas obtenidas mediante el MEF.

Nuevo sistema de vía en placa bituminosa (Proyecto Bituvia)



Figura 8. Fotografías de la traviesa utilizada en Bituvia.

forma de realizar este hueco era mediante fresado continuo de la parte central de la losa, utilizando una máquina de fresado convencional de tambor pequeño, (35 cm).

Esta máquina permite realizar una acanaladura continua a lo largo del eje longitudinal central de la vía, que, asistida por las referencias topográficas previas, permitirá posteriormente servir de guía para el correcto posicionado de las traviesas en el trazado previsto para la vía.

Las dimensiones del hueco son tales que permiten que exista una cierta holgura para la introducción del tacón; esta holgura es suficiente para absorber la incertidumbre del proceso de fresado y presenta el suficiente espacio para, posteriormente, ser rellenado con un material fluido y adhesivo, capaz de soportar los esfuerzos transversales y longitudinales, calculados mediante la modelización de elementos finitos.

La intención original del proyecto era la utilización de un material bituminoso fluido como relleno intertraviesa, pero, debido a la reología propia de los materiales bituminosos, la resistencia obtenida a temperaturas alrededor de los 40 °C ha resultado insuficiente para las solicitaciones a las que se va a ver sujeto el conjunto (esfuerzos transversales máximos de hasta 43 kN para tramos en curva con deficiencia de peralte), por lo que finalmente se ha optado por el uso de lechadas cemento autonivelantes.

Estas lechadas presentan una rigidez elevada, lo cual puede traducirse en la aparición de grietas y sobre todo, en la aparición de tensiones verticales excesivas en la parte central de la traviesa, que podrían derivar en una fisuración prematura de la misma.

Para evitar este efecto, se ha previsto el uso de un elastómero o espuma en la parte inferior del canal, que asegure una menor reacción al esfuerzo vertical que la ofrecida por la propia mezcla bituminosa. Además, para el material de relleno se ha utilizado finalmente una lechada, a la cual se le ha añadido un alto contenido en polímeros, que le confiere una cierta elasticidad, a la vez que evita la fisuración del mismo.

Para evitar una excesiva rigidez en la dirección longitudinal de la vía, se han interpuesto una serie de juntas transversales de material PVC de baja densidad, a modo de juntas de dilatación, que permiten separar e independizar cada traviesa del resto, rompiendo con la continuidad longitudinal de la estructura.

4. Dispositivo Excitador de Vía (DEV)

Como se expuso al principio del documento, uno de los objetivos del proyecto BITUVIA es el desarrollo de un equipo excitador de vía para ensayar los tramos de pruebas. Este equi-

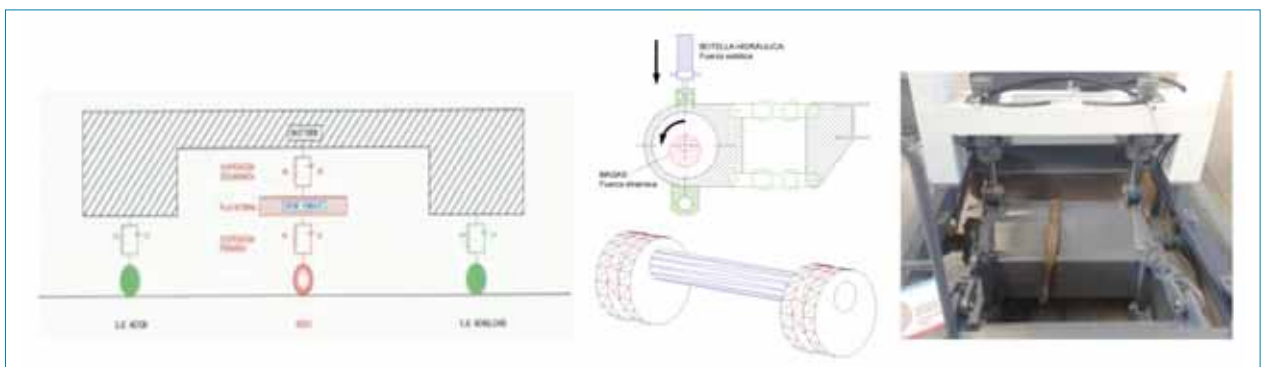


Figura 9. Esquema dinámico del prototipo (DEV) y su núcleo excitador vibrante.



Figura 10. Fotografías del DEV, núcleo de vibración y pantalla de control.

po tiene como misión la de reproducir las acciones de un vehículo de Alta Velocidad, en cuanto a términos de carga transmitida, frecuencia y número de ciclos de carga, excitando la vía en un estado estacionario sobre un punto localizado.

Después de revisar todo el estado del arte y analizar los esfuerzos provocados por los vehículos en la vía, se planteó un sistema de excitación por vibración y se pusieron en marcha los cálculos necesarios para poder obtener qué número de masas era necesario disponer para poder transmitir el peso adecuado a la vía, realizando las consideraciones oportunas para el diseño y fabricación del resto de chasis y elementos auxiliares.

El esquema básico del DEV es un vehículo montado sobre los carriles mediante dos ejes, siendo el eje trasero motor lo que le confiere cierta autonomía de translación (velocidad máxima 40 km/h). Posee un tercer eje central elevable, provisto del núcleo de vibración, que es el encargado de producir la excitación sobre los dos carriles en un punto determinado de la vía.

El núcleo vibrante del equipo excitador está formado por un sistema de masas excéntricas relacionadas por un eje que, al girar, produce una vibración. Según las revoluciones por minuto a las que se encuentre girando y la disposición de las

masas, se pueden obtener distintas frecuencias de vibración y empuje. Además de esta fuerza dinámica ejercida por las masas (según frecuencia), también es posible excitar la vía mediante una fuerza estática.

Dicha fuerza estática se consigue mediante la incorporación de dos botellas hidráulicas, las cuales ejercen una presión vertical que se suma a la dinámica cuando las masas se encuentran actuando. Esto permite comprobar diferentes parámetros adicionales interesantes en el transcurso de las pruebas, como por ejemplo la rigidez vertical de vía.

Con esto, el equipo es capaz de reproducir fuerzas estáticas desde 5 a 28 t. Y combinaciones de fuerzas estáticas y dinámicas que dependen de la frecuencia establecida (de 0 a 28 Hz), suficientes para poder simular los esfuerzos de los vehículos ferroviarios. Todo el sistema está comandado por una pantalla táctil, que permite el control de todos los parámetros desde el exterior del vehículo.

5. Ejecución del banco de pruebas

El banco de pruebas previsto en el proyecto se ha ejecutado en las instalaciones, pertenecientes a un miembro del consorcio, situadas el término municipal de Cheste, junto a la

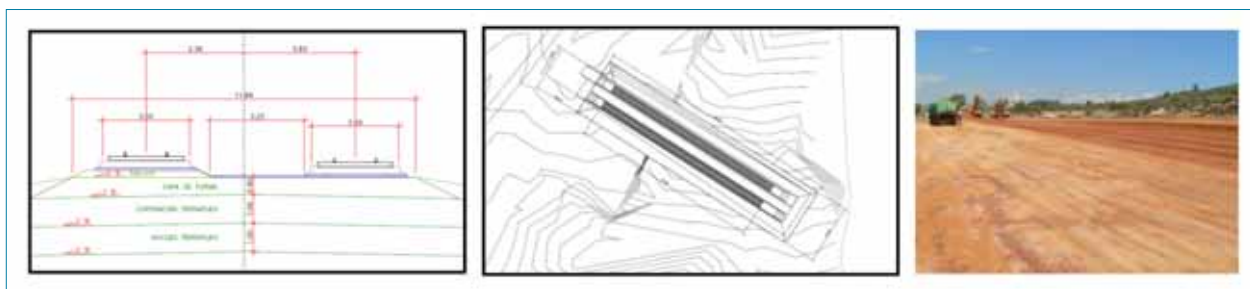


Figura 11. Sección transversal del banco de pruebas / Vista en planta del banco de pruebas / Relleno de explanada.

Nuevo sistema de vía en placa bituminosa (Proyecto Bituvia)

Tabla 4. Resumen de resultados de ensayos de las capas granulares del banco de pruebas Bituvia.

Capa: Núcleo de terraplén	Acabado superficial	Errores máximos de cota: + 3,6 cm / - 1,3 cm		
	Densidades	Min: 95 % / Max: 100%		
	Placas de carga	Ev1 = 300,00	Ev2 = 865,00	Ev2/Ev1 = 2,88
	Observaciones	Ver incidencia del punto interior		
Capa: Coronación de terraplén	Acabado superficial	Errores máximos de cota: + 2,8 cm / - 1,3 cm		
	Densidades	Min: 95 % (92 %) / Max: 100%		
	Placas de carga	Ev1 = 50,94 - 99,26	Ev2 = 71,40 - 197,37	Ev2/Ev1 = 1,30 - 2,44
	Observaciones	Las densidades entre paréntesis corresponden a valores de capas no aprobadas previos a su recompactación		
Capa: Capa de forma	Acabado superficial	Errores máximos de cota: + 3,5 cm / - 1,3 cm		
	Densidades	Min: 97 % / Max: 100%		
	Placas de carga	Ev1 = 83,85 - 300,00	Ev2 = 196,68 - 487,14	Ev2/Ev1 = 1,15 - 2,35
	Observaciones	Aunque exista alguna relación entre rigideces superior a 2,2, se aprueban las capas al tener un Ev1 superior a la rigidez mínima del modelo: 80 MPa		
Capa de zahorras	Acabado superficial	Errores máximos de cota: + 2,6 cm / - 3,6 cm		
	Densidades	Min: 98 % / Max: 100%		
	Placas de carga	Ev1 = 127,36 - 142,11	Ev2 = 170,89 - 259,62	Ev2/Ev1 = 1,34 - 1,83

cantera de explotación de áridos. Para ello se ha dispuesto de una superficie de 4.000 m² donde ejecutar las dos secciones mencionadas anteriormente.

Después de un proceso de excavación y de relleno de la explanada, se procedió a la ejecución de las capas establecidas en proyecto. Los materiales utilizados han sido seleccionados con especial cuidado, buscando las calidades aceptables para cumplir con los mínimos establecidos en el pliego de prescripciones técnicas del ADIF para este tipo de capas.

Debido a que se trata de un prototipo experimental, el objetivo es situar a la placa bituminosa en la situación límite

más desfavorable e intentar en la medida de lo posible, acercarse a las condiciones mínimas de establecidas en el modelo matemático previo (MEF). Durante la ejecución se ha realizado un gran número de ensayos de control, con el fin de poder caracterizar perfectamente las condiciones iniciales de las diferentes superficies.

Una vez alcanzada la capa de forma, se procede a diferenciar los dos tipos de sección, extendiendo la zahorra únicamente en la sección B.

Durante la construcción de este banco de pruebas, se han introducido diversos sensores de medición, que permiten la monitorización posterior de las cargas y deformaciones producidas durante las pruebas con el DEV. Así pues, se instalaron células de presión dinámicas en la parte inferior de la capa de forma y galgas extensiométricos bajo la última capa de la losa asfáltica.

El extendido de las capas bituminosas se realiza con los medios habituales utilizados en carreteras, teniendo especial cuidado con los riegos de adherencia y en mantener una muy buena regularidad superficial.

Una vez extendidas y compactadas todas las capas, se procedió al fresado de la acanaladura central donde va alojado el tacón de la traviesa. El proceso de fresado puede rea-



Figura 12. Fotografía instalación célula de carga.



Figura 13. Fotografía de extendido.



Figura 14. Fotografía de proceso de fresado y colocación de la traviesa.



Figura 15. Fotografías del relleno intertraviesa.

lizarse con éxito, consiguiendo desviaciones de linealidad bajas con respecto a la referencia teórica.

Una vez practicado el hueco y barrido, se coloca el elastómero sobre todo el fondo del canal (planchas de espuma de poliuretano de 1.900 x 355 x 25 mm y 20 kg/m³), iniciando después el proceso de colocación de las traviesas y montaje del carril.

Terminado el proceso de colocación del carril, se procede al relleno mediante vertido de una lechada de los espacios entre la traviesa y el canal practicado, así como en los espacios comprendidos entre dos traviesas continuas, en los que es posible utilizar elementos prefabricados de hormigón u

otro material, de dimensiones adecuadas, con el fin de economizar material de relleno.

6. Proceso de medición, resultados y validación de modelos

Como se ha comentado anteriormente, el banco de pruebas está monitorizado de forma que se pueden integrar las diferentes señales. En la Figura 16 se muestra un croquis, donde se puede apreciar la colocación de los diferentes sensores:

- La célula de presión está situada en la fibra superior de la capa de coronación en ambas secciones.
- Las galgas en H están dispuestas en la cara inferior de la losa de material bituminoso. Estos sensores tienen como finalidad medir las deformaciones horizontales máximas a tracción que sufre la capa al someter a carga la vía y así predecir su comportamiento a fatiga a largo plazo.
- Para medir el parámetro de rigidez de la vía y los desplazamientos, tanto transversales como verticales de la traviesa, se dispone de sensores de desplazamiento (LVDT).
- A la misma profundidad, y en un entorno cercano a la galga en H y a la cara inferior de la traviesa, se han colocado sensores de temperatura.

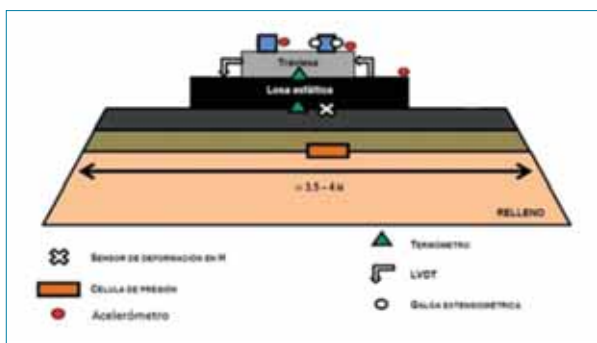


Figura 16. Croquis de la instrumentación del banco de pruebas.

Nuevo sistema de vía en placa bituminosa (Proyecto Bituvia)

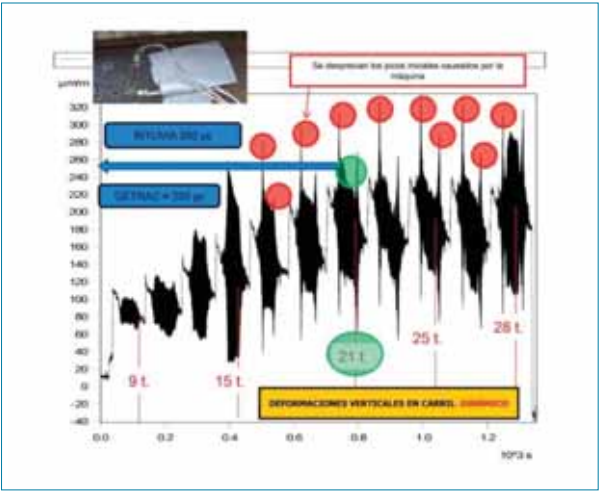


Figura 17. Gráfica de las deformaciones verticales del carril.

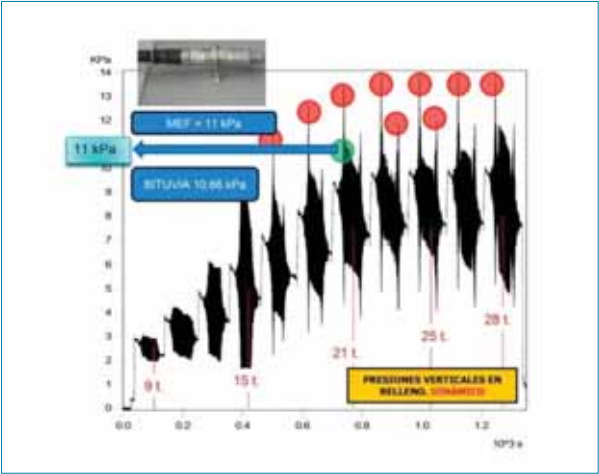


Figura 18. Gráfica de las presiones verticales en relleno.

- Se han colocado 3 acelerómetros en el carril, traviesa y losa de asfalto, que permiten conocer las vibraciones transmitidas en los diversos puntos de la vía.

Tabla 6. Deformaciones verticales del carril y presiones verticales en relleno secciones A y B.

Tramo de ensayo	Deformaciones de las galgas en H (µε)	
	Medidas	MEF
Sección A1	2,0	10,6
Sección A2	6,0	10,4
Sección B1	6,0	14,8
Sección B2	Fallo del sensor	-
Media	4,7	11,9

- Los carriles llevan instalados unas galgas extensiométricas para medir la deformación de los mismos. Con ellas puede conocerse la compresión que ha sufrido el carril al recibir las cargas.
- Por otra parte, se realizan mediciones externas, utilizando niveles ópticos y la regla de ancho y peralte para medir los datos de nivelación de la vía antes y después de cada periodo de ciclos de carga y una célula de carga externa, acoplada a un cilindro hidráulico para producir y medir los esfuerzos transversales de la vía.

Utilizando todos estos instrumentos, se han planteado cuatro grupos diferentes de ensayos que realizar. A continuación se describen estos grupos de ensayos y se muestran los resultados obtenidos, estableciendo comparativas con los datos extraídos del modelo matemático (MEF):

Conjunto de ensayos Tipo 1 (para calibración y validación de los modelos numéricos):

Estos ensayos están destinados fundamentalmente a obtener resultados de los diferentes sensores, frente a un corto

Tabla 5. Deformaciones verticales del carril y presiones verticales en relleno secciones A y B.

Tramo de ensayo	Deformaciones del carril µε		Presiones verticales kPa	
	Medidas	Getrac/ATD	Medidas	MEF
Sección A1	250	220	10,7	11,0
Sección A2	280	220	15,6	15,5
Sección B1	312	220	14,0	14,0
Sección B2	275	220	14,4	14,0
Media	279	220	13,7	13,6

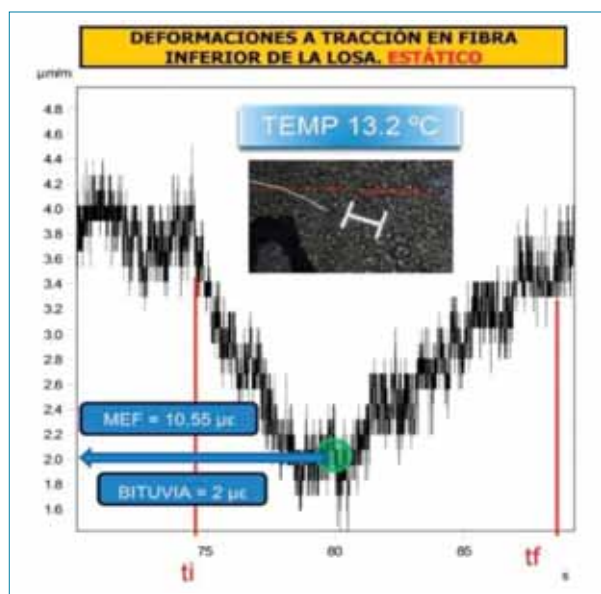


Figura 19. Gráfica de las Deformaciones a tracción de la losa.

número de ciclos, para así poder posteriormente calibrar y validar los modelos numéricos desarrollados.

El primero de los parámetros registrados en este conjunto de ensayos corresponde a las deformaciones del carril en estático y dinámico, elemento que es independiente de la disposición de vía utilizada (UIC 60).

El ensayo dinámico nos permite verificar que el DEV está ejerciendo una fuerza vertical similar a la que ejercen los vehículos reales (hasta un máximo de 28 t). En este caso, la deformación vertical media medida en el alma del carril (279 µε) es ligeramente superior a la alcanzada en las medi-

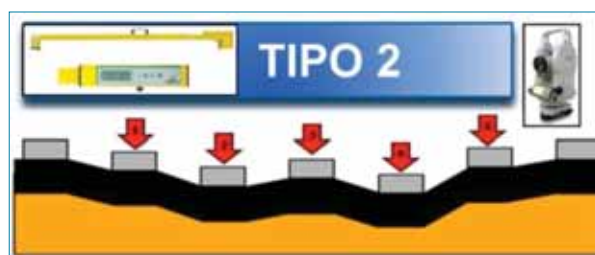


Figura 20. Esquema del ensayo tipo2 en el banco de pruebas.

ciones del Corredor Mediterráneo (GETRAC 220 µε). Esto nos sitúa del lado de la seguridad a la hora de interpretar los resultados que se obtienen.

Cuando comparamos los resultados de las presiones verticales obtenidos con la célula de carga de la parte inferior de la capa de forma con los resultados calculados en el MEF para las condiciones particulares de cada tramo de pruebas, podemos apreciar que son del mismo orden.

Los resultados del MEF, recalculados ajustando las calidades reales de cada punto en el banco de pruebas, muestran valores muy aceptables que nos permite validar el modelo matemático.

La mayor divergencia de resultados la tenemos en los datos obtenidos en las deformaciones a tracción de la capa inferior de la losa. Donde el modelo MEF ofrece un valor medio alrededor de 12 µε, mientras que en los datos medidos con las galgas extensiométricas aparecen valores más bajos, en torno a los 5 µε.

Por los resultados de experiencias anteriores de otros grupos de trabajo, se ha podido comprobar que este tipo de galgas, suelen ofrecer valores inferiores a los esperados. Ade-

Tabla 7. Resultados obtenidos en el ensayo tipo 2 para los defectos aislados al cabo de 10 años equivalentes de excitación. En nivelación, “-” supone un hundimiento de la vía; en ancho de vía, “+” supone un aumento del ancho de vía.

Traviesas			1	2	3	4	5	Normativa aplicable
Defectos de nivelación (mm)	Sección A	Carril dcho.	0	0	0	0	0	UNE EN 13848-5 (Nivel de alerta) Defecto aislado max de ±6
		Carril izq.	0	0	-1	0	-1	
	Sección B	Carril dcho.	-1	-1	-1	-1	-1	
		Carril izq.	0	0	0	0	-1	
Defecto ancho de vía (mm)	Sección A		0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	UNE EN 13848-5 (Nivel de alerta) Defecto aislado máx. entre -3 y +20 mm
	Sección B		1,5	1,5	1,6	0,7	-0,5	
Defecto de peralte (mm)	Sección A		0	0	-1	0	-1	Normativa Adif Vía (NAV) Defecto aislado para velocidad más exigente de ±7 mm
	Sección B		-1	-1	-1	-1	-1	

Nuevo sistema de vía en placa bituminosa (Proyecto Bituvia)

Tabla 8. Resultados obtenidos en el ensayo tipo 2 para los defectos relativos al cabo de 10 años equivalentes de excitación

Traviesas			Defecto relativo	Normativa aplicable
Defectos de nivelación (mm)	Sección A	Carril dcho.	0	Normativa Adif Vía (NAV) Defecto relativo a 3 m (5 traviesas) límite = ± 6 mm
		Carril izq.	1	
	Sección B	Carril dcho.	1	
		Carril izq.	1	
Defecto ancho de vía (mm)	Sección A		1	Normativa Adif Vía (NAV) Defecto relativo a 2 traviesas contiguas límite = ± 2 mm
	Sección B		1	
Defecto de peralte (mm)	Sección A		0,2	Normativa Adif Vía (NAV) Defecto relativo a 3 m (5 traviesas) límite = ± 5 mm
	Sección B		1	
Alabeo (mm/m)	Sección A		0,33	UNE EN 13848-5 (Nivel de alerta) Defecto relativo a 3 m (5 traviesas) menor de = 3 mm/m
	Sección B		0,33	

más, la temperatura de ensayo es relativamente baja y puede haber afectado aumentando la rigidez de la losa. En cualquier caso, los resultados obtenidos son, en ambas situaciones, lo suficientemente bajos como para concluir que el material asfáltico no va a sufrir por fatiga.

Conjunto de ensayos Tipo 2 (comprobación de mantenimiento en un número determinado de años):

Mediante el presente ensayo, se estudia el comportamiento de la vía frente a sus 10 primeros años de vida útil. El ensayo se lleva a cabo realizando 4 ciclos de ensayos, equivalentes a un periodo de 2,5 años cada uno, sobre 5 traviesas consecutivas.

Por una parte, se analizan los defectos aislados obtenidos para cada una de las 5 traviesas excitadas (Tabla 7).

Como se puede apreciar en la Tabla 7, todas y cada una de las magnitudes de los defectos registrados son muy reducidos para un tiempo de simulación de 10 años. Su magnitud, prácticamente, se encuentra en el umbral de la incertidumbre del equipo de medida, quedando alejados sobradamente de los límites de tolerancias fijados por las especificaciones técnicas impuestas para una vía en servicio según la normativa. La UNE-EN 13848-5 fija 3 niveles de tolerancias de defecto, el límite de alerta, siendo el más limitante y, a su vez el menos preocupante; el límite de intervención; y el límite de acción inmediata.

Tabla 9. Resultados obtenidos en el ensayo tipo 3.

		0 años		12.5 años		25 años		37.5 años		50 años		Normativa
Tipo de sección		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
Defectos de nivelación (mm)	Carril int.	0	0	0	1	0	2	-1	2	-1	2	± 6 mm
	Carril ext.	0	0	0	1	0	2	0	2	0	2	
Defecto de peralte, mm		0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	± 7 mm
Defecto ancho de vía, mm		0	0	0,1	0,6	0,1	1,3	0,2	1,3	0,4	1,4	-3 y +20 mm
Rigidez vertical, kN/mm		95,7	84,7	93,5	82,7	92,1	80,2	89	79,3	86,8	78,7	70-100 kN/mm
Temperatura superior de la losa, °C		18,8	27,4	18,8	31	22,2	32,9	22	28,1	23,2	26,8	-
Temperatura inferior de la losa, °C		19,4	28,8	19,4	29,8	20,5	31,5	20,1	28,1	21	28,6	-

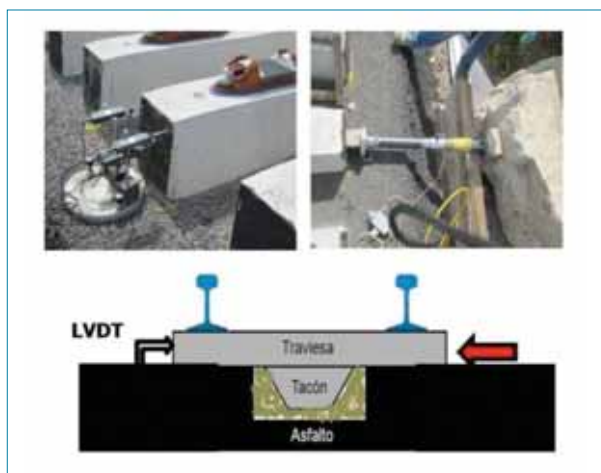


Figura 21. Esquema del ensayo Tipo4 en el banco de pruebas.

Por otra parte, las diferentes normativas también limitan los defectos, no sólo en función del máximo aislado, sino también los defectos en relación a las traviesas que se encuentran en un entorno cercano. Así pues, la normativa NAV, para la nivelación y peralte, fija como limitación la diferencia entre los defectos medidos cada 3 metros (o 5 traviesas). Esto se ha simulado comparando los defectos de la traviesa central con los generados en una traviesa que se encuentra 3 metros alejada, es decir, fuera del tramo de ex-

citación. En cuanto al ancho de vía, se referencia para dos traviesas contiguas.

De forma equivalente, se ha determinado el alabeo, según la normativa UNE-EN 13848-5, también para una longitud de 3 m entre traviesas auscultadas. Como se puede ver en la Tabla 8, todos los datos registrados quedan también muy lejos de los límites impuestos.

Además, no se aprecian defectos en la inspección visual del entorno de las traviesas ensayadas, ni tampoco se aprecia fisuración a lo largo de su sección central, ni en la superficie del material de relleno que sirve de anclaje a la losa a lo largo de todos los ciclos de carga aplicados.

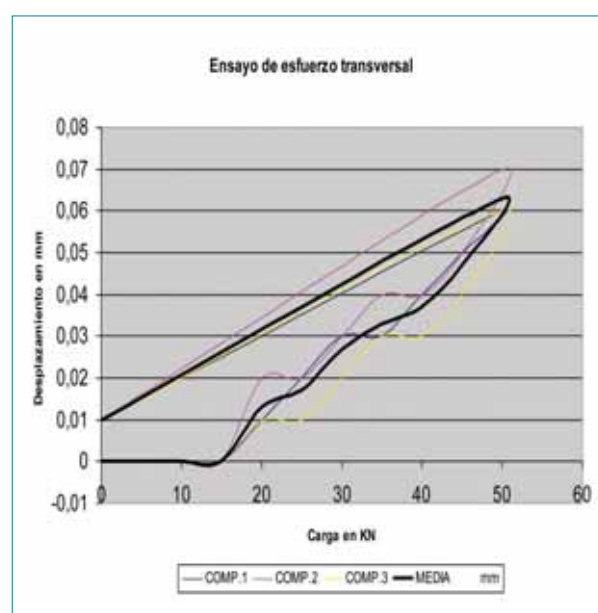
Conjunto de ensayos Tipo 3 (ensayo hasta los 50 años de vida):

Se estudia el comportamiento de la vía frente a un largo número de ciclos de carga, excitando una única traviesa durante una vida equivalente de 50 años. De esta forma, se estima cuál es el deterioro de la vía, debido a la fatiga en términos de geometría de vía y de variación de su rigidez vertical total, determinándose estos parámetros cada 12,5 años de vida equivalente.

Como se puede apreciar, la variación de los parámetros de vía no son nada notables frente a una evolución del en-

Tabla 10. Resultados obtenidos en el ensayo de esfuerzo transversal.

Carga (kN)	Desplazamiento (mm)			Media (mm)
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	
0	0	0	0	0,000
5	0	0	0	0,000
10	0	0	0	0,000
15	0	0	0	0,000
20	0,01	0,02	0,01	0,013
25	0,02	0,02	0,01	0,017
30	0,03	0,03	0,02	0,027
35	0,03	0,04	0,03	0,033
40	0,04	0,04	0,03	0,037
45	0,05	0,05	0,04	0,047
50	0,06	0,07	0,06	0,063
0	0,01	0,01	0,01	0,010



Ensayo de esfuerzo transversal

Nuevo sistema de vía en placa bituminosa (Proyecto Bituvia)

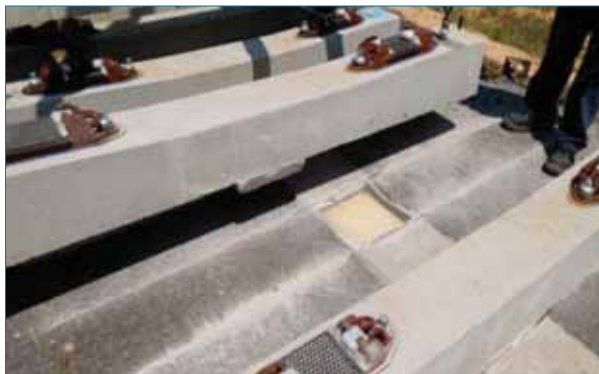


Figura 22. Imagen del hueco y la traviesa una vez realizado la extracción.

sayo durante 50 años equivalentes, siendo del mismo orden que los presentados para el ensayo tipo 2. Por otra parte, la rigidez de vía ha ido disminuyendo en ambas secciones, siendo al final un 9% menor que la original, para la sección A, y un 7%, para la sección B.

Conjunto de ensayos Tipo 4 (ensayo de esfuerzo transversal):

En este caso, se pretende provocar a la traviesa un esfuerzo transversal igual al calculado por los métodos matemáticos. Según estos cálculos, la fuerza media que debe soportar transversalmente la traviesa se encuentra en 22,9 kN, pudiendo alcanzar en casos muy extremos (máxima insuficiencia de peralte, curva cerrada y alta velocidad) los 43,3 kN.

Así pues, en este ensayo, se somete al conjunto hasta una fuerza de 50 kN, midiendo mediante un comparador (LVDT) el desplazamiento provocado en el extremo contrario a la aplicación de la fuerza. Con esto se pretende evaluar el sistema de anclaje losa-traviesa y la resistencia del relleno utilizado.

En los ensayos realizados, se ha aplicado una fuerza tanto transversal sobre traviesa, que simula la inercia del tren en curva, como vertical sobre los carriles, que simula el peso del propio vehículo. En la Tabla 10, se puede comprobar que los resultados han sido muy satisfactorios ya que los desplazamientos laterales son mínimos ante la aplicación de la fuerza de 50 kN (desplazamiento máximo de 0,07 mm), y además se produce una recuperación prácticamente completa una vez cesa dicha fuerza.

Aparte de los ensayos descritos anteriormente, se han realizado sobre el banco de pruebas operaciones de simulación de mantenimiento y extracción de traviesas.

Donde se ha podido comprobar que las juntas transversales de PVC embebidas en el relleno favorecen las labores de desmontaje y sustitución de las mismas, de una manera limpia y con relativamente poca fuerza (1.500 kgf), asumible por la mayoría de la maquinaria de obra.

7. Conclusiones

Con los trabajos desarrollados hasta el momento, podemos concluir lo siguiente:

- El modelo matemático desarrollado en el proyecto reproduce de manera muy aproximada el comportamiento real de la vía diseñada. Tras el último proceso de calibración con las experiencias de Chestre, este modelo puede llegar a ser una herramienta muy útil para el dimensionamiento de la vía en placa bituminosa en futuros proyectos de construcción.
- Se ha verificado que el Dispositivo Excitador de Vía (DEV) diseñado en el proyecto es capaz de excitar la vía (en sus componentes verticales), de manera similar a la de los vehículos ferroviarios reales registrados en las experiencias analizadas.
- El método de anclaje (tacón + relleno) de la traviesa a la superficie de la losa soporta de forma adecuada los esfuerzos máximos transversales a los que puede ser sometido y se ha podido comprobar que no se genera fisuración sobre la parte central de la traviesa.
- Los datos obtenidos en la monitorización del banco de pruebas muestran que el diseño de la vía es consistente y cumple con las solicitaciones que se le habían impuesto.
- Según la tendencia de los datos obtenidos y bajo las condiciones impuestas en el banco de pruebas, no se prevé que el sistema vaya a requerir intervenciones de mantenimiento a lo largo de toda su vida útil, salvo los provocados por condiciones ambientales adversas o los derivados de la oxidación de las fijaciones y demás elementos por el paso real del tiempo.
- El procedimiento ideado para la ejecución de la vía en placa resulta sencillo y rápido. El extendido, compactación y fresado de las capas no requiere de modificaciones en la maquinaria, la técnica es de sobra conocida y la calidad de la superficie terminada está avalada por años de experiencia en carreteras.

- Las juntas de dilatación utilizadas en el proceso de anclaje de la traviesa a la losa facilitan considerablemente la extracción posterior de la misma, sin que se produzca ningún tipo de rotura o destrozo de la superficie de la losa. Facilitando que las reparaciones sean rápidas y efectivas para varios escenarios de actuación, como eventuales deterioros puntuales de carácter estructural, ligeros hundimientos, sustitución de traviesas, etcétera.
- Las deformaciones a tracción, tanto las calculadas como las medidas bajo la losa, son muy reducidas, en comparación con las obtenidas en las curvas de fatiga de las mezclas bituminosas estudiadas. Esto abre la puerta a una optimización de espesores, en función de la calidad de la infraestructura disponible para diseño.
- Muchos de los procesos complementarios a la ejecución, como la colocación de la traviesa o del carril y el vertido del relleno intertraviesa, son susceptibles de ser mejorados y automatizados, mediante pequeñas modificaciones de la maquinaria utilizada actualmente. Así pues, la técnica está en disposición de ser trasladada a producción para ser probada en una vía real.
- El incremento en el coste de construcción relativo a las soluciones de vía en balasto sólo supone, aproximadamente, el 1,5% del total de la inversión realizada para la construcción de una línea de alta velocidad.
- Cuando se incluyen los costes de mantenimiento diferenciales entre ambas tipologías de vía, el incremento de coste inicial de la vía en placa de Bituvía se amortiza antes de los 10 años de puesta en servicio.

8. Agradecimientos

Los autores del presente artículo quieren agradecer a todo el equipo de trabajo de las diferentes empresas e instituciones su contribución al desarrollo de este proyecto, así como a la empresa IDVIA, contratada para la coordinación de las labores administrativas, y al Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), que gracias a la financiación de su programa de Investigación y Desarrollo, cofinanciado por la Unión Europea dentro del programa operativo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), han hecho posible que se hayan podido alcanzar los objetivos marcados en este proyecto.

9. Bibliografía

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), 2007, Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Serie de Normas UNE EN 12697, España, AENOR. 2º volumen, 645 Pág.
- Buonanno A. y Mele R., 2000, The use of bituminous mix sub-ballast in the Italian State Railways, Barcelona, 2nd Eurasphalt & Eurobitumen Congress. Pág.11
- Comisión Europea de normalización, 2009, Aplicaciones Ferroviarias. Vía. Calidad de la Geometría de Vía. Serie de Normas UNE EN 13848-5, Madrid, AENOR: Pág de 17 a 20
- D.G. de Infraestructuras ferroviarias, 1999, Recomendaciones para el proyecto de plataformas ferroviarias, Madrid, Cº Publicaciones Ministerio de Fomento, 1er volumen 130 Pág.
- Geometría de la Vía. Parámetros geométricos de nuevas líneas en ancho internacional, ADIF, 1ª Edición: 24 Pág.
- López J.R., Berbis J., Albert J.R., Felipe J., Martínez A., Real J.I., Galisteo A., Ares G., Sánchez F.J., 2012, Diseño de un ensayo de punzonamiento en mezclas bituminosas, VII Jornada Nacional de ASEFMA,. comunicación 35, 11 Pág.
- López Pita A., 2006, Infraestructuras ferroviarias, Barcelona, Ediciones UPC, 1er volumen: 448 Pág.
- Moreno Robles. J., 2008, Reproducción, mediante ensayos a escala real, del efecto en vía de la circulación ferroviaria a alta velocidad, Madrid, Archivo digital UPM.
- Peña M., 2003, Tramos de ensayo de vía en placa en la línea del corredor del Mediterráneo para su explotación a alta velocidad I. diseño y construcción, Madrid, Ciencia y técnica de la ingeniería civil, N° 3.431, Pág. de 57 a 68.
- Potts D.M. y Zdravkovic L., 1999 Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering: Theory, London, Thomas Telford, Volumen 1: Pág de 6 a 7, Pág de 114 a 187 y Pág de 200 a 235.
- RENFE, 1983, NAV 7-3-2.0. Calificación de la Vía. Ancho de vía, ADIF, 1ª Edición, Pág. 4.
- RENFE, 1983, NAV 7-3-5.0. Calificación de la Vía. Peralte, alabeo y estabilidad de traviesas, ADIF, 1ª Edición, Pág.5
- RENFE, 1983, NAV 7-3-5.5. Calificación de la Vía. Nivelación longitudinal, ADIF, 1ª Edición. Pág. 2 a 3.

Nuevas mezclas SMA

Durables y sostenibles



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



Fibras diseñadas
por la naturaleza
Una compañía del grupo IRS

C/ Venezuela, 103, 4ª planta., 08019 Barcelona
Tel: 933 262 880 • Fax: 933 262 897
www.jrsiberica.com • info@jrsiberica.com

www.sma-viatop.com

Método de Ensayo UGR-FACT para el estudio del comportamiento a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas

La fisuración por fatiga es una de las patologías más comunes en los pavimentos bituminosos de todo el mundo. El estudio del comportamiento de estos materiales a nivel de laboratorio, a través de ensayos efectivos, resulta fundamental para mejorar su diseño, de manera que puedan conseguirse firmes más duraderos. Desde la Universidad de Granada, se ha desarrollado un nuevo método de ensayo, que permite simular las sollicitaciones sufridas por los firmes de carretera, induciendo, sobre los materiales a ensayar, un proceso controlado de fisuración por fatiga. Estudiando la energía disipada en el volumen afectado por el proceso de fisuración, puede evaluarse la respuesta mecánica del material, de manera que se optimice su diseño ante esta patología. En este artículo se presentan las características del dispositivo de ensayo desarrollado y los fundamentos teóricos definidos para el análisis de sus resultados, así como algunos estudios realizados con este método de ensayo.

Palabras clave: Fisuración por fatiga, pavimentos bituminosos

Fatigue cracking is one of the most common distresses in asphalt pavements all over the world. The laboratory study of the mechanical behavior of these materials using effective tests is crucial in the improvement of their design for the construction of more durable pavements. The University of Granada has developed a new test method which is able to reproduce the efforts suffered by the pavement during its service life, and to induce in the specimen tested a controlled fatigue cracking process. The study of the dissipated energy in the volume where the cracking process takes place allows an accurate evaluation of the mechanical response of the material and an optimization of its design against this phenomenon. This paper presents the characteristics of the test device developed, the theoretical fundamentals defined for the analysis of its results and some studies carried out with this test method.

Keywords: Fatigue cracking, asphalt pavements

Fernando Moreno Navarro, fmoreno@ugr.es

M^a Carmen Rubio Gámez, mcrubio@ugr.es

LabIC.UGR - Laboratorio de Ingeniería
de la Construcción de la Universidad de Granada

1. Introducción

La fisuración por fatiga es una de las patologías más comunes en los firmes de carretera de todo el mundo y una de las principales causantes del fin de su vida de servicio. La aparición de este fenómeno se debe a la existencia de dos mecanismos de deterioro principales, el paso del tráfico y la acción de los

gradientes térmicos (Colombier 1997). Esta patología tiene unas consecuencias sobre la carretera que pueden ser nefastas a medio-largo plazo, tanto desde el punto de vista estructural (malas transferencias de carga, que provoquen problemas de deformaciones y punzonamientos; entrada de agua y otros agentes químicos, que provoquen fenómenos como los baches, peladuras, lavado de finos, disminución de la capacidad portante, etc), como desde el punto de vista de la seguridad y el confort (aumenta las irregularidades del firme, dificultando la conducción, aumentando el nivel de ruido y disminuyendo el rozamiento con el neumático) (Colombier 1997).

A pesar de los esfuerzos realizados para minimizar el impacto causado por este problema, actualmente el estudio de este fenómeno sigue siendo una de las prioridades de investi-

Método de Ensayo UGR-FACT para el estudio del comportamiento a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas

gación en el ámbito de la ingeniería de carreteras, y concretamente, en el diseño de mezclas bituminosas. En la actualidad existen diferentes tipos de ensayos, que permiten la evaluación del comportamiento a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas. A pesar de ello, casi ninguno de estos ensayos se emplea de forma generalizada, de manera que no existe un ensayo de referencia común para evaluar el comportamiento a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas (al contrario de lo que ocurre con otras patologías comunes, como las roderas o las relacionadas con la acción del agua). Por un lado, algunos de los ensayos existentes no correlacionan las condiciones carga aplicadas con las sufridas en el firme durante su vida de servicio, y por tanto, no es fácil extrapolar los resultados obtenidos a la respuesta real del material (muchos son ensayos de fatiga que no se centran en el estudio de la fisuración, utilizando geometrías y condiciones de carga y de ensayo que no son las adecuadas). Por otro, los ensayos que reproducen las condiciones de carga más realistas suelen ser bastante sofisticados (en términos de aplicación de carga, instrumentación etc.) y con un elevado coste económico de reproducción y ejecución, por lo que es muy difícil que se consiga hacer extensivo su uso al diseño de mezclas a nivel mundial (quedando como pruebas muy útiles para ser utilizadas de manera puntual en un laboratorio, pero sin posibilidad de comparar resultados entre mezclas bajo las mismas condiciones en diferentes centros de investigación) (Hajj et al. 2008; García-Carretero 1992).

Debido a estas circunstancias, el desarrollo de un método de ensayo que trate de dar solución a esta problemática puede suponer un gran avance en la mejora del tratamiento de esta patología, constituyendo una línea de investigación de interés. Bajo estas consideraciones, desde la Universidad de Granada se ha desarrollado un nuevo ensayo, que permite reproducir las condiciones de fatiga por cargas de tráfico que provocan la aparición de fisuras en mezclas bituminosas (UGR-FACT, University of Granada - Fatigue Asphalt Cracking Test). El dispositivo de ensayo diseñado provoca el inicio y desarrollo de una fisura controlada, de manera que pueden analizarse las diferentes fases del proceso. Centrándose en el estudio de un volumen representativo del material (donde tiene lugar la formación de la fisura), y analizando la energía disipada durante el proceso, el ensayo permite una evaluación precisa del daño y del comportamiento mecánico de la mezcla. Así, su empleo puede resultar una herramienta muy útil en la mejora del diseño de este tipo de materiales.

El artículo aquí presentado recoge una descripción de dicho ensayo, definiendo sus principales características (geometría, cálculos, etc.), así como algunos ejemplos de su aplicación.

2. Método de Ensayo UGR-FACT

2.1 Consideraciones previas al diseño del ensayo

Cada vez que el eje de un vehículo pasa por un punto del firme, la carga aplicada induce sobre el pavimento una acción de flexión y dos cortantes (Figura 1a, Colombier 1997). A pesar de que los esfuerzos generados son inferiores al límite de resistencia a rotura del material, el paso repetido de los vehículos (unido al efecto potenciador que pueden generar las tensiones debidas a las variaciones de temperatura) induce un proceso de fatiga que termina provocando la aparición y propagación de fisuras en él. Además, la presencia de imperfecciones en las capas inferiores del pavimento (como fisuras de retracción térmica o baches provocados por fallos en la capacidad portante de la base granular) o de juntas de dilatación o pre-fisuras (utilizadas para mitigar y controlar la aparición de fisuras), provocan la aparición de puntos de debilidad en los que la concentración de las tensiones provocadas por el paso del tráfico se acentúan (Thom 2008). Así, el proceso de fatiga en estos puntos críticos se desarrolla de forma más rápida y suele ser donde tiene lugar la aparición de este fenómeno (Figura 1b).

El proceso de fisuración por fatiga comienza una vez que el material ha agotado su capacidad de deformar. El daño producido por el paso de las cargas del tráfico se transforma entonces en pequeñas micro-fisuras que van creciendo y uniéndose (meso-fisuras), hasta provocar una superficie de fallo dominante que termina propagándose a través de material (macro-fisura, apreciable a la vista). Así, el fenómeno de fisuración por fatiga se puede dividir en tres fases principales: inicio de la fisura, propagación (cuya velocidad de avance dependerá del tipo de carga, y del espesor y la rigidez del material), y fallo por fisuración (la cual se caracteriza por la total propagación del daño estructural producido, con la consiguiente aparición de la fisura en la superficie de la capa) (Florence 2005; Jenq & Perng 1991).

Una de las grandes dificultades que presenta el estudio de este fenómeno es que dentro del volumen del material bituminoso donde tiene lugar el daño por fisuración, la distri-

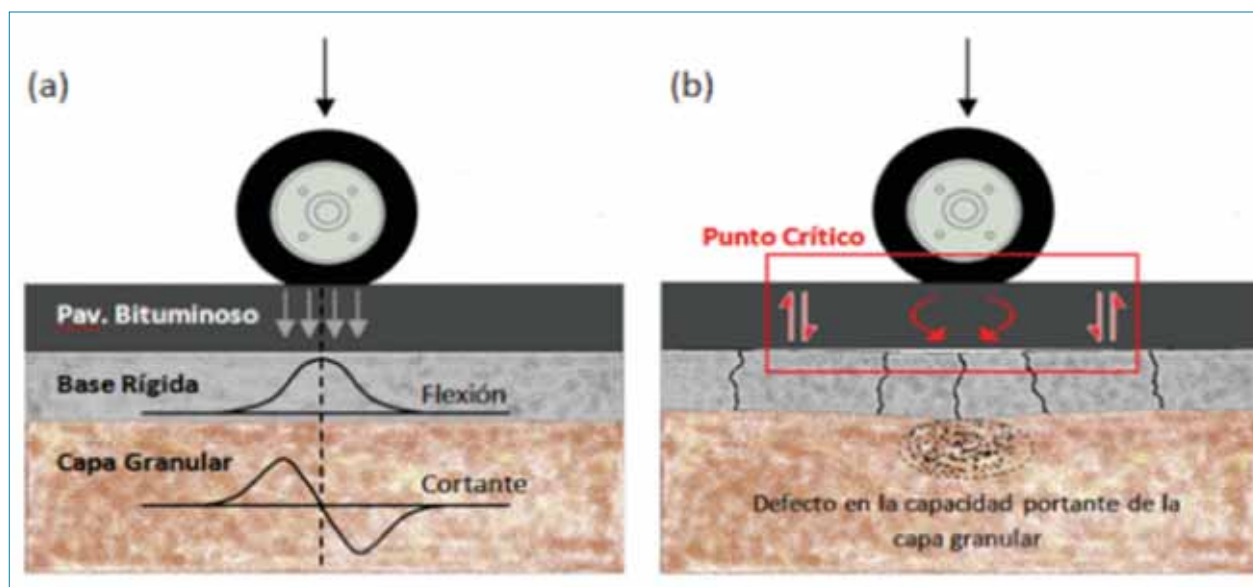


Figura 1. (a) Esfuerzos generados debido a la acción de las cargas del tráfico (Colombier 1997). (b) Punto de debilidad donde tiene lugar preferentemente el desarrollo de procesos de fisuración por fatiga en mezclas bituminosas (Thom 2008).

bución volumétrica de las micro y meso-fisuras es dispersa y aleatoria en las tres dimensiones (Jenq & Perng 1991). Además, el hecho de que su tamaño impida su apreciación visual, dificulta en gran medida la identificación del inicio del proceso, así como la evaluación del nivel de daño causado. Así, a pesar de que una vez alcanzada la fase de macro-fisuración el proceso de daño se hace más acentuado y menos disperso (y por tanto apreciable visualmente), es necesario establecer métodos de evaluación que permitan la cuantificación real del daño producido en el material durante todo el proceso en sus diferentes etapas.

A la hora de diseñar un ensayo de laboratorio que pretenda evaluar el comportamiento de mezclas bituminosas ante el fenómeno de fisuración por fatiga debida a las cargas del tráfico, es necesario tener en cuenta todas estas consideraciones. Se deberán adaptar los tipos de esfuerzos a aplicar (cortante y flexión), y simular las situaciones más desfavorables que se puedan dar en el firme. Por otra parte, el método de ensayo debe permitir la evaluación del comportamiento mecánico del material durante todo el proceso en sus diferentes etapas. Finalmente, la geometría del ensayo debe de ser adecuada para garantizar su fácil reproducción, con un coste económico de ejecución bajo (de forma que su uso pueda hacerse extensivo a diferentes centros de investigación), y de forma que permita el estudio de materiales con probetas sencillas de fabricar.

2.2 Descripción del dispositivo de ensayo

En base a lo expuesto en el punto anterior, desde esta investigación se ha diseñado el dispositivo de ensayo UGR-FACT que permite inducir sobre una probeta de mezcla bituminosa el desarrollo de una fisura por fatiga controlada, a partir de la simulación de las sollicitaciones reales de tráfico a las que está sometido el material durante su vida de servicio. De esta forma puede evaluarse el comportamiento mecánico a fisuración tanto de mezclas bituminosas individualmente, como de secciones de firme compuestas por varias capas, así como de sistemas anti-remonte de fisuras (geotextiles, geomallas, etc.), fabricados en laboratorio o extraídos como testigos del firme.

El dispositivo está compuesto por una base (Figura 2a), dos apoyos deslizantes (Figura 2b) y un cabezal de aplicación de carga (Figura 2c). La base está formada por el sistema de apoyo y unión del prototipo a la prensa de ensayo, sobre la que se encuentra soldada la plataforma de deslizamiento de los apoyos deslizantes, compuesta por dos planos inclinados y un par de raíles que permiten el desplazamiento de los apoyos sin riesgo de cabeceos ni movimientos residuales (que puedan inducir errores en las medidas de deformación tomadas), así como por dos vástagos verticales que serán utilizados para llevar a cabo la toma de medidas de las deformaciones verticales en la zona superior de la probeta (utilizando medidores tipo LVDT, Figura 2f).

Método de Ensayo UGR-FACT para el estudio del comportamiento a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas

Los apoyos deslizantes están formados por dos carros de bolas acoplados a los railes situados en la base (permitiendo la transmisión efectiva de las cargas), sobre los que se incorporan dos plataformas de apoyo en las que se fijará la probeta a ensayar (adherida mediante el empleo de una resina epoxi), así como los medidores de deformación horizontal (uno a cada lado, Figura 2g). Este sistema permite inducir desplazamientos en la probeta tanto en sentido horizontal como en vertical, reproduciendo dentro del volumen de estudio los esfuerzos de flexión y cortante debidos a las cargas del tráfico, así como de tracción simulando el efecto acentuador de las retracciones térmicas.

La distancia de separación entre los apoyos deslizantes puede variar en función del tipo de deterioro en el firme que se desee reproducir, de manera que pueden evaluarse firmes en los que en la capa de base existe una cierta discontinuidad (como una fisura o pre-fisura ya existente, o una junta de dilatación), o firmes donde existe algún defecto considerable en la base (como un bache o socavón). Para la fijación de dichas distancias de separación se emplea un sistema de pernos que permiten fijar las posiciones de los carros durante el tiempo de adhesión de la probeta a los mismos antes de ser llevado a cabo el ensayo (Figura 2d).

Finalmente, el cabezal de aplicación de carga se trata de un elemento independiente del cuerpo del dispositivo que va unido a la zona superior o travesaño de la prensa, y está compuesto por una pieza con el suficiente espesor para evitar su deformación durante la aplicación de la carga (y así evitar inducir errores diferenciales por deformaciones propias, independientes a las de la probeta), que proporcione una superficie plana sobre la que puedan colocarse los medidores de deformación verticales (Figura 2f).

Como factor clave en el desarrollo del dispositivo fue necesario tener en cuenta que para poder evaluar de forma efectiva el fenómeno de fisuración por fatiga, es fundamental evitar la problemática asociada a su dispersión tridimensional y aleatoriedad. Así, el análisis del comportamiento mecánico de los materiales ensayados se realiza a través de un volumen representativo en el que tiene lugar el desarrollo del proceso de fisuración (gracias al control de las deformaciones producidas tanto en sentido vertical como en horizontal). De esta forma, puede obtenerse de manera precisa la cantidad de energía disipada durante el ensayo en el interior de dicho volumen, permitiendo analizar la evolución del daño sufrido durante el proceso de fisuración (Van Dijk & Visser 1977; Pronk & Hopman 1991; Ghuzlan 2001; Shen et al. 2006). Este concepto permite una evaluación precisa de la respuesta de los materiales ensayados en cada una de las etapas del proceso, permitiendo controlar su aleatoriedad y distribución tridimensional (Figura 3).

Finalmente, como complemento al desarrollo del dispositivo se estableció la posibilidad de adicionar un tercer vástago en el que fijar una cámara para el control del seguimiento de la degradación del material, y así correlacionar los datos obtenidos a través de las imágenes (área de fractura medida en mm²) con los de energía disipada en el interior del volumen representativo (Figura 4).

2.3 Definición de las condiciones de ensayo

El ensayo se lleva a cabo a temperatura controlada en el interior de una cámara climática (para poder evaluar la respuesta del material ante diferentes estados visco-elásticos), aplicando cargas cíclicas verticales a tensión controlada en forma de seno-

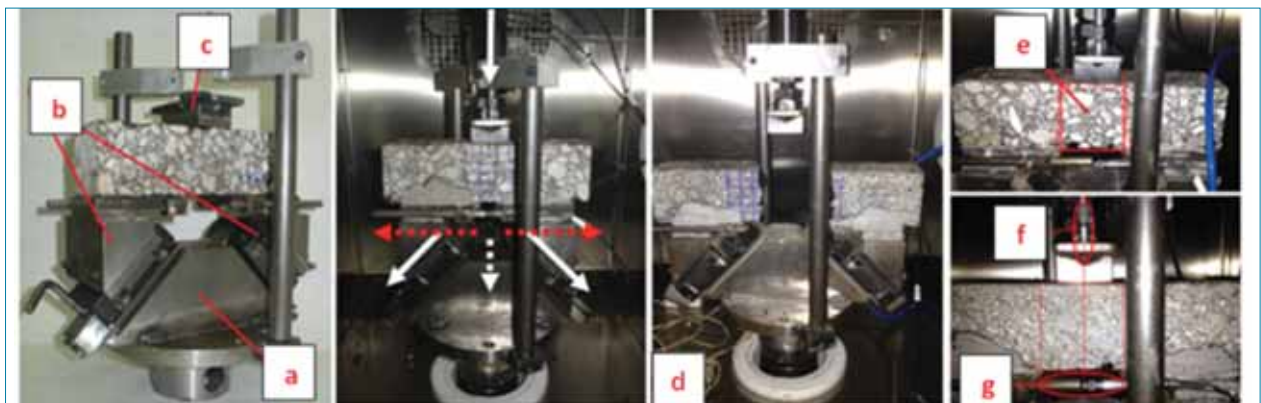


Figura 2. Vista de las diferentes partes del dispositivo de ensayo UGR-FACT.

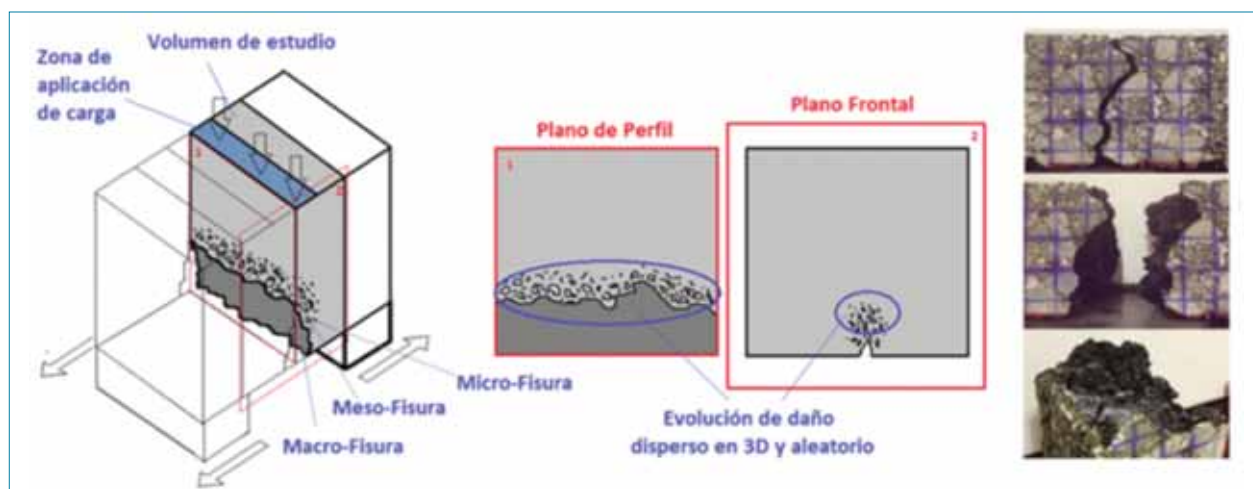


Figura 3. Representación de la propagación dispersa y aleatoria del proceso de fisuración en el interior del volumen representativo de estudio. Imágenes reales de un ensayo que lo corroboran.

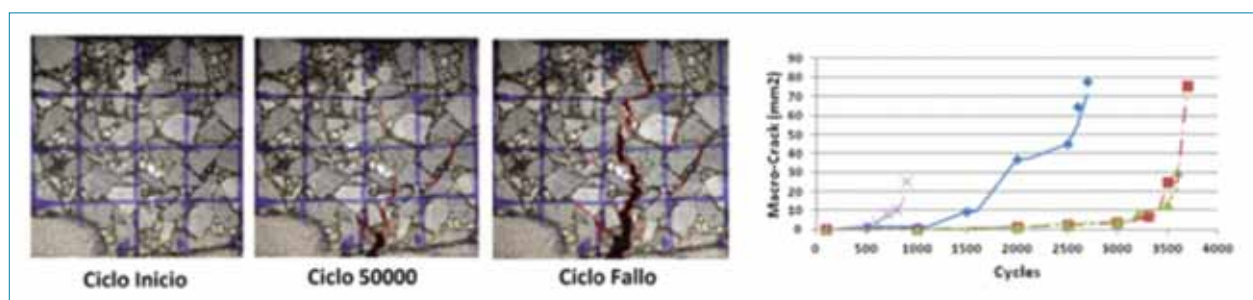


Figura 4. Detalle del control de evolución de degradación del material mediante cámara.

verso (que simulen el paso de los vehículos). Los parámetros (amplitud de carga, frecuencia, y periodos de descanso) y condiciones de ensayo (temperatura de ensayo, distancia entre apoyos, humedad, etc.), se adaptarán en función de las necesidades de evaluación del comportamiento del material. Durante el desarrollo del método de ensayo se llevó a cabo un estudio en profundidad de aforos de tráfico de todo el mundo, así como de condiciones climáticas, a partir de los cuales se establecieron parámetros de referencia a aplicar durante el ensayo (en función de la velocidad de circulación, tipo de eje, etc.).

El criterio de fin de ensayo seleccionado ha sido la propagación total de la macro-fisura a través de la probeta, provocando su fallo y separación en dos piezas. Alternativamente también puede considerarse el ensayo por terminado cuando el número de ciclos de carga alcanza los 2.000.000 (considerando que a partir del valor de carga aplicado se encuentra el límite de resistencia a fisuración por fatiga).

Para la evaluación de mezclas bituminosas individualmente o en varias capas se utilizan probetas prismáticas obteni-

das a partir del corte con sierra de placas fabricadas en laboratorio o procedentes de tortas extraídas como testigo del firme. La obtención de probetas de ensayos a partir de una probeta principal garantiza una mayor homogeneidad de la mezcla ensayada (fabricadas y compactadas en las mismas condiciones). Las dimensiones finales de las probetas variarán en función del tamaño máximo de árido de la mezcla y en función del material y número de capas a estudiar.

2.4 Análisis teórico para el estudio del comportamiento a fisuración de mezclas bituminosas

Como complemento al dispositivo de ensayo presentado, desde esta investigación también se aportó un desarrollo teórico para el análisis del comportamiento a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas, en el que se definieron 2 nuevos parámetros a utilizar en la evaluación de este tipo de materiales. En dicho desarrollo se combinó el análisis fenomenológico tradicional con el estudio de la energía disipada

Método de Ensayo UGR-FACT para el estudio del comportamiento a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas

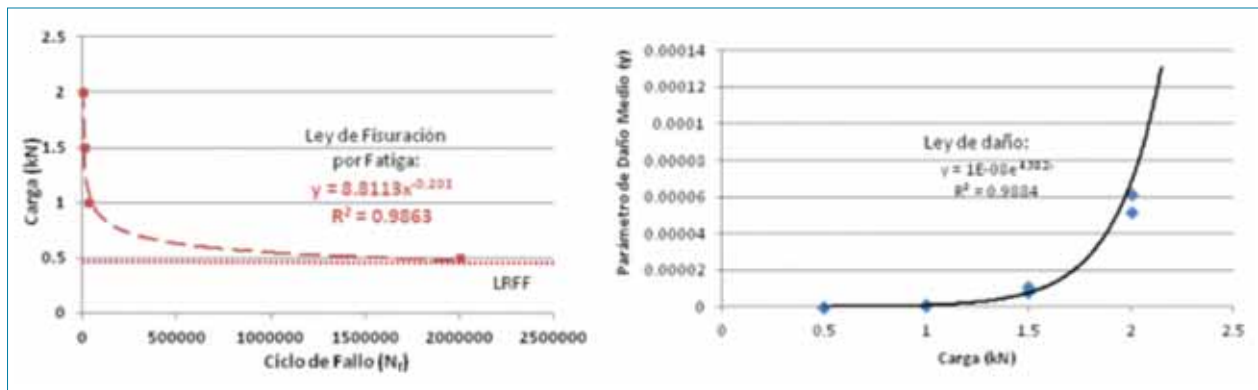


Figura 5. Ejemplo de ley de fisuración por fatiga (izq.) y ley de daño a fisuración (dcha.).

en el interior del volumen representativo, de manera que pudo establecerse una evaluación a tres niveles:

- **Determinación del valor mínimo de tensión que es capaz de provocar el desarrollo de un proceso de fisuración por fatiga en el material.** Aplicando un enfoque fenomenológico que relacione la amplitud de las tensiones aplicadas sobre la mezcla con el número de repeticiones de cargas que causan su fallo por fisura (N_f). En función de las condiciones de ensayo aplicadas y del tipo de material evaluado, el N_f obtenido variará. Así, utilizando diferentes condiciones de carga podrá definirse una ley de fisuración por fatiga, que permita el diseño de materiales más resistentes ante este fenómeno bajo diferentes condiciones de ensayo (Figura 5, izq.).
- **Determinación del nivel de daño a fisuración sufrido por el material ante unas condiciones determinadas de carga (Parámetro de Daño medio).** Además de establecer un análisis fenomenológico, para terminar de definir completamente el comportamiento ante la fisuración por fatiga, es necesario cuantificar el daño real que se ha producido en el material debido a este fenómeno. Según el enfoque de la energía disipada, la mezcla bituminosa disipará más energía cuanto mayor daño se produzca en la probeta ensayada, o expresado de otra manera, para un mismo nivel de daño un material disipará más energía cuanto más resistente sea (puesto que será necesario introducir más energía para alcanzar dicho nivel de daño). No obstante, la energía disipada en un ciclo depende de la energía disipada en los ciclos de carga previos, lo que significa que es dependiente de su historial de carga (Eberik & Sucouglu

2002). De hecho, únicamente la cantidad relativa de disipación de energía creada por cada ciclo de carga (lo que excluye la energía disipada asociada a comportamientos pasivos como la energía térmica), puede provocar un daño adicional en la mezcla (Shen & Carpenter 2007).

En base a estas consideraciones, para poder analizar la evolución y cuantificación real del daño por fisuración que tiene lugar en la mezcla, es necesario utilizar el concepto de tasa de cambio de energía disipada "RDEC" (Carpenter & Shen 2006; Shen & Carpenter 2007). El uso de este parámetro permite eliminar la energía que es disipada sin producir daño en la mezcla (como la energía disipada en forma de calor), proporcionando un buen indicador del daño por fisuración causado en la mezcla de un ciclo de carga a otro. Así, utilizando este concepto, y extrapolando que la forma más precisa de cuantificar la evolución del daño por fisuración sufrido por el material durante el ensayo es mediante la representación del RDEC acumulado, desde esta investigación se definió un nuevo **parámetro de daño medio (γ)** asociado al proceso de fisuración de cada material y a las condiciones de ensayo establecidas. En base a los valores del parámetro medio de daño obtenidos para cada nivel de carga, puede definirse la ley de daño a fisuración por fatiga (Figura 5, dcha.). Mediante esta ley de daño puede determinarse qué materiales, y bajo qué condiciones, son más susceptibles de ser afectados por el fenómeno de fisuración por fatiga, de manera que puede ser utilizada como criterio en el diseño óptimo de la mezcla.

$$RDEC = \frac{\omega_{n+1} - \omega_n}{\omega_n}; \gamma = \frac{\sum_{i=1}^{N_f} RDEC_i}{N_f}$$

- **Determinación de la evolución del daño a fisuración sufrido por el material (Umbral de daño).** Además del parámetro presentado en el punto anterior, desde esta investigación se definió el parámetro **Displacement Ratio** utilizado para definir la evolución de las diferentes etapas del proceso de fisuración. Este parámetro adimensional que relaciona las deformaciones horizontales y verticales producidas en el interior del volumen representativo, permite estimar los ciclos de inicio del proceso de fisuración (N_i) y macro fisuración (N_M), mediante el análisis la curva definida durante el ensayo debido a los cambios de deformaciones producidos en el volumen representativo en cada una de las etapas del proceso (Figura 6). Una vez definidos los ciclos N_i y N_M , mediante el cálculo

de la energía disipada acumulada para cada uno de estos ciclos se pueden establecer los umbrales de daño del material (Figura 7), que marcarán la cantidad de energía que puede disipar el material evaluado sin que en él se presente daño por fisuración (también considerado como el límite de energía disipada de deformación plástica), la cantidad de energía que puede disipar sin que en él aparezca un daño estructural irreparable (macro-fisura), o la cantidad de energía necesaria para provocar su fallo total por fisuración. Así, cuanto mayores sean los umbrales de daño del material, más resistente será ante un proceso de fisuración por fatiga. Además, estos umbrales también permitirán estudiar las características de ductilidad y tenacidad durante su propagación.

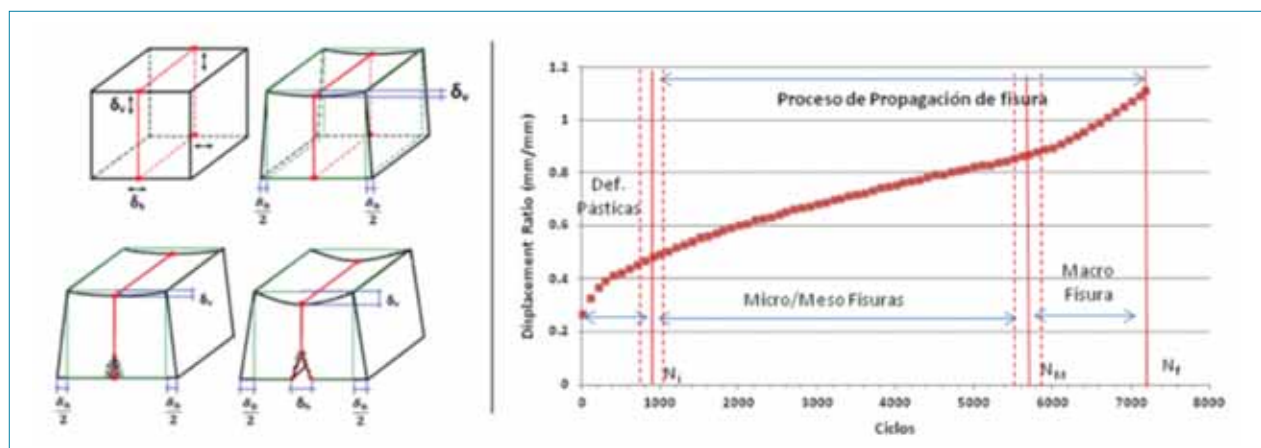


Figura 6. Ejemplo de curva de evolución de Displacement Ratio y cálculo de N_i y N_M .

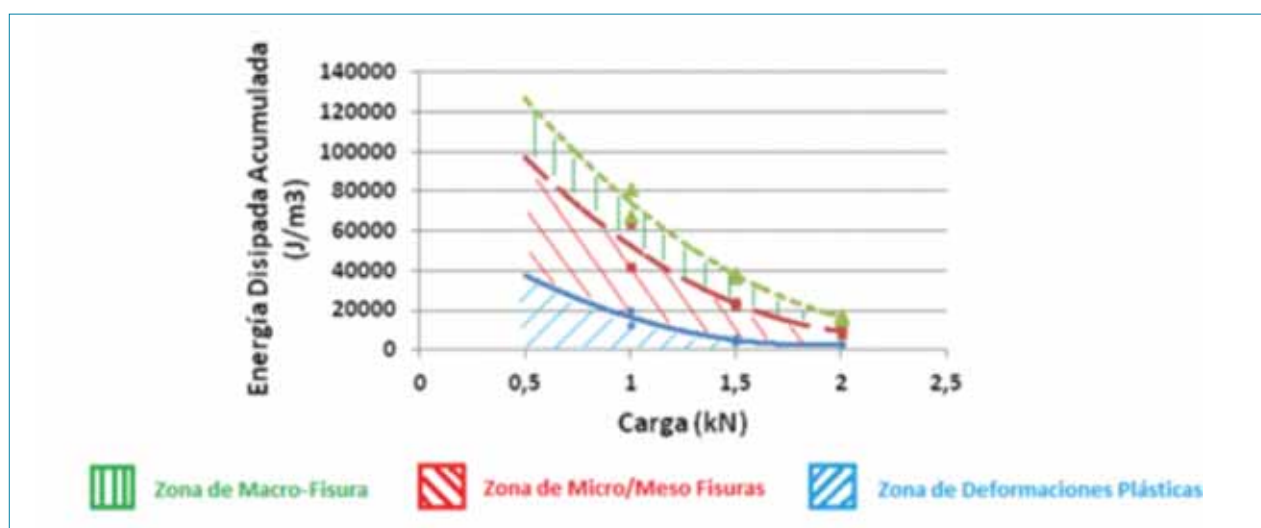


Figura 7. Ejemplo de umbrales de daño a fisuración que delimitan la respuesta mecánica del material.

Método de Ensayo UGR-FACT para el estudio del comportamiento a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas

3. Ejemplos de Aplicación

El método de ensayo UGR-FACT ha sido validado frente a diferentes condiciones de repetibilidad, obteniendo unos resultados elevados tanto en términos de energía disipada ($r=18\%$) como en términos de ciclo de fallo ($r=16\%$). Además, la sensibilidad del método en relación a las condiciones de ensayo aplicadas (amplitud de carga, frecuencia, temperatura, etc.), naturaleza del árido, tipo de ligante empleado, y tipo de mezcla, también ha sido testada demostrando su adecuación para poder llevar a cabo una evaluación precisa del comportamiento a fisuración por fatiga de diferentes materiales y bajo distintas condiciones. Este hecho resulta muy beneficioso a la hora de optimizar el diseño de mezclas bituminosas a nivel de laboratorio frente a esta patología, puesto que permite seleccionar qué material es más adecuado en función de las condiciones de servicio a las que va a estar sometida.

El objetivo de este apartado es mostrar las características del UGR-FACT y cómo puede ser aplicado, así que en lo que sigue mostrarán una serie de resultados a modo de ejemplo, pertenecientes a estudios de investigación ya desarrollados con este método. En primer lugar, en la Figura 8 se muestran los resultados pertenecientes al estudio de una mezcla AC en la que manteniendo constante el tipo de betún, arena y filler empleados (B 35/50, caliza y carbonato cálcico, respectivamente), se modificó la naturaleza del árido grueso para evaluar su influencia en el comportamiento a fisuración de la mezcla (ofita y caliza). Como se puede observar la mezcla con árido ofítico presentó una mayor resistencia a la fisuración por fatiga, poniéndose de manifiesto además la fractura de los áridos calizos durante el desarrollo del fenómeno, debido a su menor resistencia mecánica (Figura 9). Así, a la hora de diseñar dicha mezcla se debe tener en cuenta que su resistencia a fisuración por fatiga se ve incrementada si se emplea árido tipo ofítico.

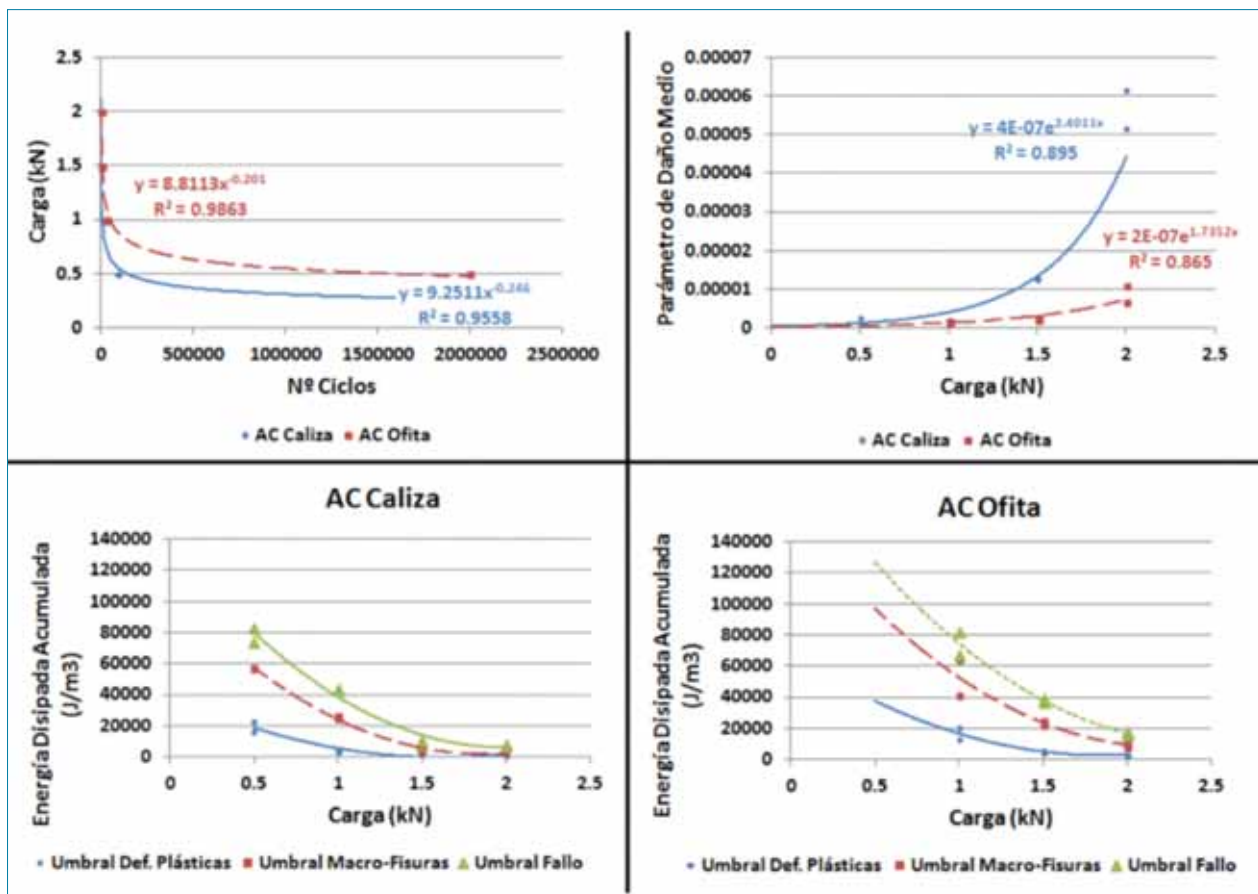


Figura 8. Resultados de estudio de la influencia de la naturaleza del árido grueso en el comportamiento a fisuración.

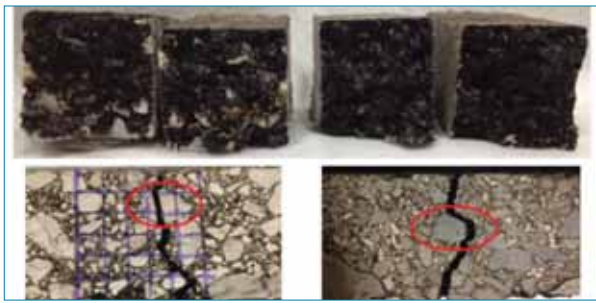


Figura 9. Árido calizo fracturado tras proceso de fisuración (izq.); árido ofítico bordeado por la fisura (dcha.).

En el mismo sentido que en el caso anterior, en la Figura 10 se muestran los resultados del comportamiento a fisuración de una misma mezcla BBTM 11A, en la que se dejó constante el esqueleto granulométrico (grueso ofítico, fino calizo y filler cemento), y se varió el tipo de ligante utilizado (BM3c, BMAVC, B 50/70+1,5%PNFU por vía seca, B 50/70). Los resultados pusieron de manifiesto que, a igualdad de condiciones de ensayo, el daño a fisuración producido en las mezclas con betunes modificados es mucho menor que el producido en la mezcla con betún convencional. Además, en el control de la evolución de degradación del material mediante imágenes (Figura 11), puede observarse las diferencias en el tipo de fisura aparecidas en el material (en términos de ancho de fisura y grado de ramificación). Por otra parte, puede destacarse el buen comportamiento a fisuración por fatiga de las mezclas modificadas con caucho, tanto por vía húmeda, como por vía seca.

Finalmente, la Figura 12 muestra algunos de los resultados obtenidos en un estudio de investigación de varias sec-

ciones de firme en las que se analizó la influencia del comportamiento de distintos sistemas anti-fisuras. Así, se evaluó el comportamiento de un paquete de firme compuesto por una mezcla AC 16 S en una capa intermedia de 5 cm, y una mezcla BBTM 11A en capa de rodadura de 3 cm. Por su parte, los dos sistemas anti-fisuras estudiados fueron un geotextil impregnado y un sistema anti-fisuras innovador compuesto por las capas de resistentes del neumático (metálica y textil). Los resultados demuestran que el empleo de los sistemas anti-reflexión de fisuras consiguen retardar la aparición de ésta. Además, es de destacar que el sistema anti-fisuras obtenido a partir de la deconstrucción de los neumáticos usados (manta anti-fisuras) resulta más efectivo que el geotextil impregnado. La presencia de caucho envolviendo las tiras resistentes de fibras y metálicas, actúa como material elástico capaz de disipar parte de la energía que de otra forma se hubiera consumido en propagación de fisura.

4. Conclusiones

Este artículo presenta el método de ensayo UGR-FACT, un nuevo ensayo de laboratorio desarrollado en la Universidad de Granada, para evaluar el comportamiento mecánico de mezclas bituminosas ante fisuración por fatiga. Para ello, en primer lugar se describen las características generales del ensayo, del dispositivo diseñado para su ejecución, así como sus características principales y los fundamentos teóricos para la evaluación de los resultados. Además, a modo de ejemplo se exponen algunos de los resultados obtenidos en investigaciones ya desarrolladas utilizando este método de ensayo. Se

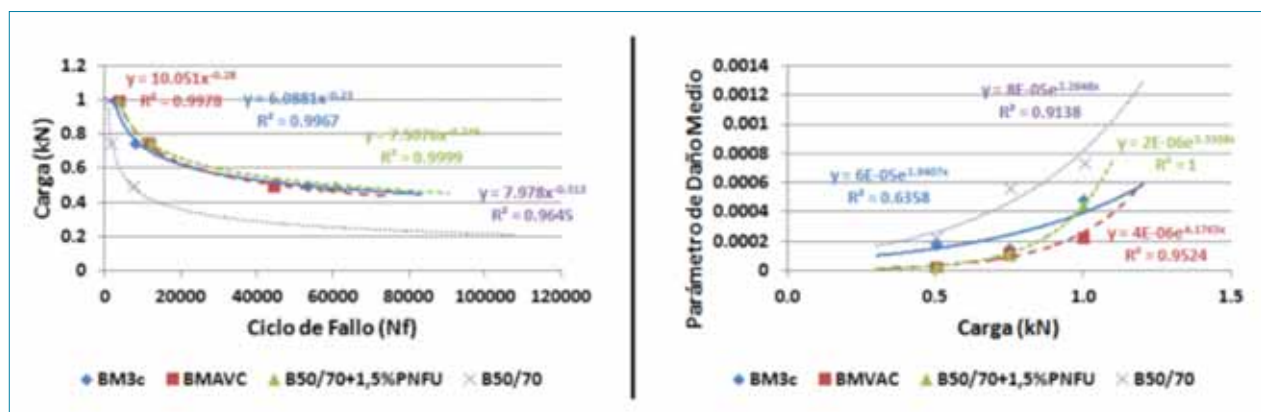


Figura 10. Resultados de un estudio de la influencia del tipo de ligante en el comportamiento a fisuración de las mezclas.

Método de Ensayo UGR-FACT para el estudio del comportamiento a fisuración por fatiga de mezclas bituminosas

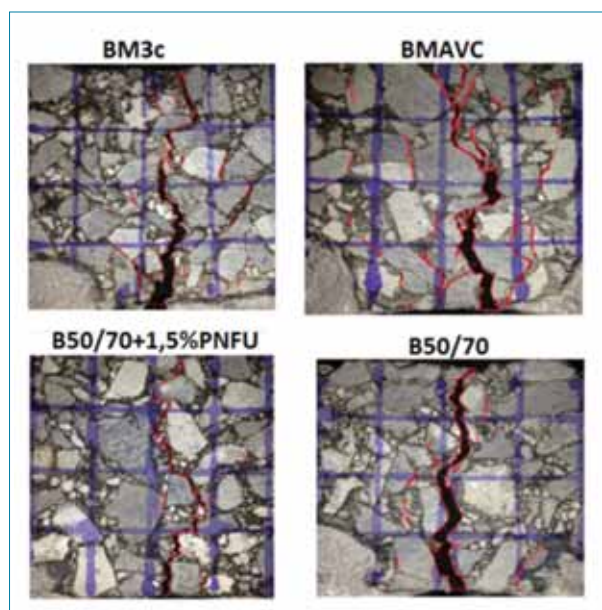


Figura 11. Influencia del tipo de ligante en la forma de propagación de la fisura.

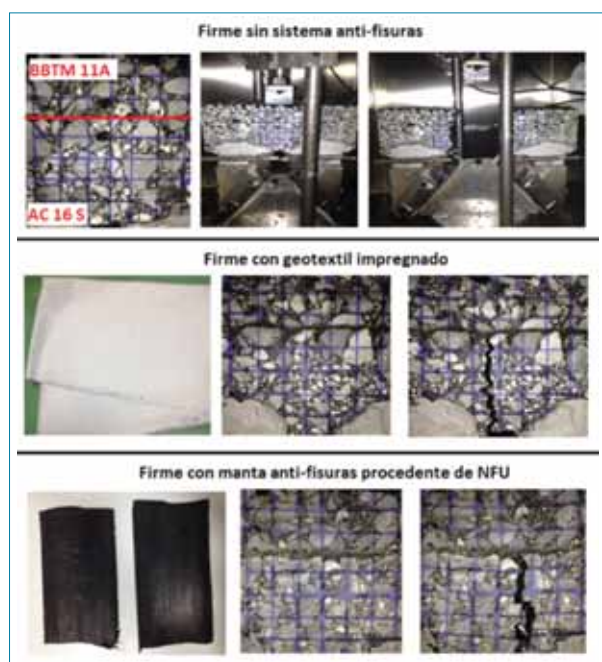


Figura 12. Resultados del comportamiento a fisuración de un firme con diferentes sistemas anti-reflexión de fisuras.

exponen a continuación las principales conclusiones extraídas de dichas investigaciones:

- El dispositivo desarrollado para la ejecución del ensayo es un equipo de dimensiones reducidas, adaptable a cualquier prensa dinámica, y con un coste económico bajo en

comparación con otros dispositivos empleados en ensayos similares, lo que facilita la generalización de su uso para el estudio del comportamiento mecánico de mezclas bituminosas.

- Este dispositivo permite la evaluación de mezclas bituminosas individualmente, de secciones de firmes compuestas por varias capas, así como de sistemas anti-remonte de fisuras. Así, mediante la simulación de un estado tensional similar al ocurrido en la carretera durante su vida de servicio, es capaz de inducir sobre un volumen representativo del material evaluado un proceso controlado de inicio y propagación de fisuras, así como un control completo de las deformaciones horizontales y verticales sufridas en dicho volumen (permitiendo evitar los problemas de aleatoriedad y dispersión tridimensional del fenómeno).
- Las probetas utilizadas para la ejecución del ensayo son rápidas de fabricar, de fácil manejo, y garantizan la homogeneidad en su composición y un reducido consumo de materiales. Además, las condiciones de ensayo permiten reproducir de forma adecuada las sollicitaciones mecánicas (velocidad de circulación, carga por eje, etc.) y ambientales (temperatura, humedad, etc.) sufridas por el firme.
- Los nuevos parámetros aportados por esta investigación (Displacement Ratio y Parámetro de daño medio), proporcionan una herramienta útil para el análisis del comportamiento a fisuración de mezclas bituminosas, pudiendo ser utilizados en la caracterización y diseño de estos materiales.
- El método de ensayo UGR-FACT ha sido validado en términos de repetibilidad, sensibilidad a las condiciones de ensayo y a los materiales utilizados, demostrando un gran potencial para optimizar el diseño a fisuración de mezclas bituminosas ante diferentes situaciones.

5. Referencias bibliográficas

- Carpenter, S. H., Shen, S. 2006. A dissipated energy approach to study hot-mix asphalt healing in fatigue. Transportation Research Record 1970, Transportation Research Board, Washington, D. C., 2006, pp. 178–185.
- Colombier, G. 1997. Cracking in pavements: nature and origin of cracks. Prevention of Reflective Cracking in Pavements – RILEM Report 18. Edited by Vanelstraete A. et Franckien L., pp. 1-15.

- Eberik, M. A., Sucouglu, H. 2002. Energy based low-cycle fatigue characteristics of degrading structures. Proceedings of 12th European Conference on Earthquake Engineering, London.
- Florence, C. 2005. Étude expérimentale de la fissuration reflective et la modelisation de la resistance de structures cellulaires. These. Ecole Natonal des Ponts et Chaussées.
- García Carretero, J. 1992. Procedimientos de Estudio en laboratorio. Jornadas sobre Reflexión de Grietas en Carreteras, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX, Madrid.
- Ghuzlan, K. 2001. Fatigue damage analysis in asphalt concrete mixtures based upon dissipated energy concepts. Ph. D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL.
- Hajj, E., Sebaaly, P., Loria, L. 2008. Reflective cracking of flexible pavements. Phase II: Review of analysis models and evaluation test. Research Report No. 13JF-1, University of Nevada Reno, Nevada.
- Jenq, Y. S., Perng, J. D. 1991. Analysis of crack propagation in asphalt concrete using cohesive crack model. Transportation Research Board, National Research Council, Transportation Research Record 1317, pp. 90-99.
- Pronk, A. C., Hopman, P. C. 1991. Energy dissipation: The leading factor of fatigue. Proc., Conf. of the United States Strategic Highway Research: Sharing the Benefits, Thomas Telford, London, pp. 255-267.
- Shen, S., Airey, G., Carpenter, S., Huang, H. 2006. A dissipated energy approach to fatigue evaluation. Int. J. Road Mater. Pavement Des., Vol. 7(1), pp. 47-69.
- Shen, S., Carpenter, S. H. 2007. Dissipated energy concepts for HMA performance: fatigue and healing. Center of Excellence for Airport Technology, COE Report No. 29, Technical Report of Research, Federal Aviation Administration. University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL.
- Thom, N. 2008. Principles of pavement engineering. 470 pag. London : Thomas Telford Ltd.
- Van Dijk, W., Visser, W. 1977. The energy approach to fatigue for pavement design. Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 46, pp. 1-40.



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

UNE-EN 12697-30:2013.

Preparación de probetas mediante el compactador de impactos

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

Javier Loma, jloma@ohl.es

Asfaltos y Construcciones ELSAN

1. Objeto y principio del ensayo

Método de compactación de probetas por impactos, por medio de un peso deslizante que se deja caer desde una altura establecida, un número determinado de veces, en un tiempo especificado.

Se utiliza para fabricar probetas cilíndricas de mezcla bituminosa preparada en el laboratorio o tomada de planta, con tamaño de árido inferior a 31,5 milímetros y que retenga menos del 15 % por el tamiz 22,4 milímetros.

2. Método operativo

La probeta fabricada debe tener unas dimensiones de $101,6 \pm 0,1$ mm de diámetro y $63,5 \pm 2,5$ milímetros de altura.

Previamente, se calienta la mezcla bituminosa hasta la temperatura definida en la norma UNE-EN 12967-35. Se monta el conjunto de compactación con el molde, collar, base y filtro. Se coloca la mezcla bituminosa dentro del molde y se distribuye uniformemente con la ayuda de una espátula, colocando posteriormente el filtro de papel en la parte superior del molde.

3. Equipamiento

Hay dos tipos de compactadores de impacto: con yunque de acero o con pedestal de madera. En España se utiliza el segundo, con pedestal de madera, que es el equipo más parecido al compactador Marshall (NLT 159) utilizado hasta hace pocos años.

El tiempo de aplicación para 50 golpes es de 55-60 segundos, con una caída del pistón de 457 ± 5 milímetros, para el dispositivo de madera.

4. Puntos críticos

Al ser un método de preparación de probetas, no se indican valores de repetibilidad y reproducibilidad. No obstante, el proceso de compactación influye considerablemente en la determinación de parámetros, como por ejemplo la densidad sobre la que, en estudios realizados en Asefma, se han obtenido valores con una elevada dispersión en series de probetas fabricadas por diferentes laboratorios.

No se puede utilizar para compactar probetas de mezclas bituminosas con tamaño de árido superior a 31,5 mm, como es el caso de las mezclas AC32.

En base a estudios realizados en diferentes laboratorios en los últimos años, no es un método recomendado para las mezclas que se fabrican a menor temperatura.

5. Comentarios

La compactación de probetas con el equipo de impacto (antes compactador Marshall) para la fabricación de probetas cilíndricas se viene empleando desde hace muchos años en nuestro país, estando la mayor parte de las especificaciones técnicas referidas a ensayos realizados con probetas fabricadas con este método.

La nueva normativa europea de ensayos de mezclas bituminosas, EN 12697, permite fabricar probetas cilíndricas con otros sistemas de compactación, como es el compactador giratorio o el equipo vibratorio, obteniendo probetas de distinto diámetro y para un contenido de huecos prefijado.



7. Bibliografía

- UNE-EN 12697-6. Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- UNE-EN 12697-27. Toma de muestras.
- UNE-EN 12697-30. Preparación de la muestra mediante el compactador de impacto.
- UNE-EN 12697-31. Preparación de la muestra mediante el compactador giratorio.
- UNE-EN 12697-35. Mezclado en laboratorio.

La mayor parte de la experiencia acumulada en la compactación de las probetas cilíndricas de mezclas bituminosas en España se basa en el sistema de impacto, antes denominado compactador Marshall. No obstante, sin dejar de emplear esta metodología, se debe comenzar a emplear sistemas alternativos, que permiten fabricar probetas con mayores posibilidades, como es el compactador giratorio, y así establecer los niveles de energía equivalentes entre ambos.

Esta norma no es un procedimiento de ensayo; únicamente se refiere a un método de preparación de probetas para su posterior medición y/o ensayo (Marshall, rigidez, tracción indirecta, compresión simple, etcétera), y es, por ello, la importancia de efectuar correctamente estas operaciones.

Se han desarrollado equipos de impacto con medidores de la deformación para cada grado de energía (golpes), pudiendo así recoger información de la compactibilidad de cada tipo de mezcla.

6. Especificaciones

No existen especificaciones como tales, sino unos criterios de proceso que corresponden con la energía de compactación equivalente obtenida en la aplicación en la obra, y que es establecida como un número de impactos por cada cara de la probeta.

En España, las energías de compactación que se aplican son dos: 75 y 50 impactos por cada cara de la probeta, dependiendo del tipo de mezcla bituminosa (Artículos 542 y 543 del PG-3).

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 periodo desde el 11 de noviembre de 2013 hasta el 5 de marzo de 2014.

Sección Normativa

NORMAS DE ÁRIDOS

Norma	Título	Anula
UNE-EN 1097-11:2013	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 11: Determinación de la comprensibilidad y la resistencia a compresión confinada de los áridos ligeros	No existe
UNE-EN 13179-1:2013	Ensayos de áridos fillers empleados en las mezclas bituminosas. Parte 1: Ensayo del anillo y bola	UNE-EN 13179-1:2001
Proyecto norma	Título	
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-FprEN 1097-10	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 10: Determinación de la altura de succión de agua	
PNE-EN 1097-6(*)	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua	

NORMAS DE LIGANTES BITUMINOSOS

Norma	Título	Anula
UNE-EN 1429:2013	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del residuo por tamizado de las emulsiones bituminosas, y determinación de la estabilidad al almacenamiento por tamizado	UNE-EN 1429:2009
UNE-EN 15322	Betunes y ligantes bituminosos. Marco para la especificación de los ligantes bituminosos fluidificados y fluxados	(**)
Proyecto norma	Título	
PNE-prEN 1426	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la penetración con aguja	
PNE-prEN 1427	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento	
PNE-prEN 12592	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la solubilidad	
PNE-prEN 12593	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del punto de fragilidad Fraass	
PNE-prEN 12594	Betunes y ligantes bituminosos. Preparación de las muestras de ensayo	
PNE-prEN 12595	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad cinemática	
PNE-prEN 12596	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica por viscosímetro capilar al vacío	
PNE-prEN 12597	Betunes y ligantes bituminosos. Terminología	
PNE-prEN 12606-1	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del contenido de parafinas. Parte 1: Método por destilación	

NORMAS DE LIGANTES BITUMINOSOS (CONTINUACIÓN)

Proyecto norma	Título
PNE-prEN 12607-1	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia al endurecimiento por efecto del calor y del aire. Parte 1: Método RTFOT (película fina rotatoria)
PNE-prEN 12607-2	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia al endurecimiento por efecto del calor y del aire. Parte 2: Método TFOT (película fina)
PNE-prEN 12607-3	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia al endurecimiento por efecto del calor y del aire. Parte 3: Método RFT (rotavapor)
PNE-EN 13808 (*)	Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas
PNE-prEN 13924-1	Betunes y ligantes bituminosos. Marco para la especificación de los betunes especiales. Parte 1: Ligantes bituminosos de grado duro
PNE-prEN 13924-2	Betunes y ligantes bituminosos. Marco para la especificación de los betunes especiales. Parte 2: Ligantes bituminosos multigrado
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
PNE-prEN 16659	Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la fluencia-recuperación de un ligante después de someterlo a múltiples esfuerzos repetidos. Ensayo MSCR

NORMAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Proyecto norma	Título
PNE-EN 12697-22	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 22: Ensayo de rodadura
PNE-EN 12697-25	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 25: Ensayo de compresión
PNE-EN 12697-32	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 32: Compactación en laboratorio de mezclas bituminosas mediante compactador vibratorio
PNE-EN 12697-33	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placas
PNE-EN 12697-41	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 41: Resistencia a los fluidos de deshielo
PNE-prEN 12697-43	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 43: Resistencia a los combustibles
PNE-prEN 12697-48	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 48: Ensayo de adherencia entre capas
PNE-EN 12697-49	Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 49: Determinación del rozamiento tras el pulido
PNE-prEN 13108-1	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso
PNE-prEN 13108-2	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Mezclas bituminosas para capas delgadas
PNE-prEN 13108-3	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
PNE-prEN 13108-4	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezclas bituminosas tipo HRA
PNE-prEN 13108-5	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
PNE-prEN 13108-6	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
PNE-prEN 13108-7	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezcla bituminosa drenante
PNE-prEN 13108-8	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 8: Mezcla bituminosa reciclada
PNE-prEN 13108-9	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 9: Mezclas bituminosas tipo AUTL
PNE-prEN 13108-20	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayo de tipo
PNE-prEN 13108-21	Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
PNE-prEN 16333	Lechadas bituminosas. Especificaciones para aeropuertos
PNE 41250-1	Métodos de ensayo para la medida de deflexiones en firmes. Parte 1: Viga Benkelman

NORMAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS (CONTINUACIÓN)

PNE 41250-2	Métodos de ensayo para la medida de deflexiones en firmes. Parte 2: Deflectógrafo Lacroix
PNE 41250-3	Métodos de ensayo para la medida de deflexiones en firmes. Parte 3: Deflectómetro de impacto
PNE 41250-4	Métodos de ensayo para la medida de deflexiones en firmes. Parte 4: Curvímetro

(*) Normas que se encuentran ya aprobadas pero pendientes de traducción en España

(**) La norma UNE EN 15322:2014 de especificaciones de los ligantes bituminosos fluxados ha de ser utilizada en conjunto con otras dos normas que se encuentran vigentes: UNE EN 14733:2006+A1:2011 y UNE EN 15322:2010

Comentario

Destacar en esta revisión la aparición de revisión de cuatro normas UNE de métodos de ensayo de medidas de deflexiones en los firmes.

Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones**Legislación y otras disposiciones (actualizada a 5 de marzo de 2014)**

Ayudas para el Programa Torres Quevedo 2014. Abierta convocatoria de: 20/02/2014-13/03/2014

El objetivo de las ayudas Torres Quevedo es incentivar la contratación de doctores por parte de empresas, centros tecnológicos de ámbito estatal, centros de apoyo a la innovación tecnológica de ámbito estatal, asociaciones empresariales y parques científicos y tecnológicos para el desarrollo de proyectos concretos de investigación industrial, de desarrollo experimental o estudios de viabilidad técnica previos, así como fomentar su formación.

Ayudas para contratos de personal técnico de apoyo (PTA) 2013

Plazos de solicitud: Técnicos: 17/02/2014-27/02/2014 - Centros: 17/02/2014-10/03/2014

El objetivo de estas ayudas es la contratación laboral de personal técnico de apoyo en organismos de investigación y van destinadas a dar soporte en el manejo de equipos, instalaciones y demás infraestructuras de I+D+i a fin de incrementar y mejorar las prestaciones y rendimiento de las infraestructuras científico-tecnológicas.

La titulación que se requiere es de técnico superior en el marco de la formación profesional del sistema educativo.

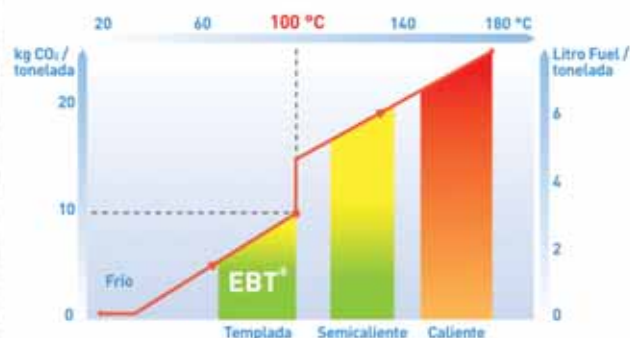
Las solicitudes de participación las presentan los centros de I+D incluyendo en ellas a los técnicos candidatos. La selección se fundamenta en un proceso de concurrencia competitiva, siendo, los criterios de evaluación de las solicitudes los siguientes: 1) el impacto de la actuación en el grado de actividad de I+D+i de la infraestructura y 2) los méritos curriculares del candidato y adecuación del mismo a las tareas a realizar en función de la experiencia profesional y formación. Los baremos que se aplican a dichos criterios son, de 0 a 80 y de 0 a 20 puntos, respectivamente.

Acciones de programación conjunta internacional

Plazos de solicitud: Primer plazo: 07/11/2013-14/11/2013 - Segundo plazo: 01/02/2014-31/03/2014

Con el fin de abordar los retos globales de manera conjunta, haciendo un uso racional de los recursos disponibles y evitando duplicidades a nivel europeo e internacional, España, a través del Ministerio de Economía y Competitividad, participa en consorcios transnacionales, tanto en el Espacio Europeo de Investigación como en el ámbito internacional, mediante la firma de acuerdos y memorandos de entendimiento, en los que se compromete a apoyar proyectos colaborativos relevantes, con participación de equipos de investigación españoles junto con grupos de otros países.

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



Mezclas Templadas con Betún, una nueva generación de mezclas asfálticas

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

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

Premio Mundial AIPCR 2007
del desarrollo sostenible

www.infraestructuras.eiffage.es

EIFFAGE
INFRAESTRUCTURAS

RUS
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

TRIALSA
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

PANASFALTO
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

LOS SERRANOS

Europa establece el “eCall” como obligatorio para 2015

En el número 223 de la revista Tráfico y Seguridad Vial de la Dirección General de Tráfico se informa de que, por un acuerdo de la comisión de Mercado Interior de Protección al Consumidor del Parlamento Europeo, a partir del 1 de octubre de 2015, todos los turismos y furgonetas producidos por la Unión Europea deberán venir equipados con un dispositivo eCall, y los países miembros deberán tener redes de telefonía móvil y centros de recepción de llamadas de emergencia PSAP (punto de respuesta de seguridad pública).

El sistema consiste en que, cuando un vehículo sufre un accidente, se produce una llamada automática al 112 y, en unos pocos segundos, recibirá una comunicación desde el centro operativo, que tratará de tranquilizarle, indicándole que está localizada su posición y que la ayuda ya ha salido hacia allí.

Se estima que con este sistema se reducirá en torno al 5% el número de muertos por accidentes de carretera (unas 1.500 personas en toda Europa) y se reducirá la gravedad de los heridos en un 6%.

V Edición del Premio Internacional a la innovación en la carretera Juan Antonio Fernandez del Campo

La Fundación de la Asociación Española de la Carretera ha convocado la V Edición del “Premio Internacional a la innovación en Carreteras Juan Antonio Fernandez del Campo”. El plazo para el envío de los originales acaba el próximo día 19 de mayo de 2014. Los que estén interesados en las bases de la convocatoria, pueden verlas completas y tener mas información en la página web de la Asociación Española de la Carretera.

El concurso pretende generalizar el uso del español como lengua científica internacional en el campo de las infraestructuras de carreteras.

A la quinta edición de este Premio pueden optar personas físicas o jurídicas de cualquier nacionalidad, autores de proyectos, estudios, trabajos de investigación o erudición,

tesis doctorales, etc. Los originales, redactados en lengua española, han de ser novedosos y no haber participado en otros certámenes.

I Premio Mejores Prácticas Ambientales (MPA) del sector de la pavimentación

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), mediante el comité técnico de su IX Jornada Nacional, lanza el primer Premio “Mejores Prácticas Ambientales” (MPA) en el ámbito de la fabricación, extendido, aplicación y transporte de mezclas asfálticas. La iniciativa quiere estimular, dentro del sector de la pavimentación, las prácticas innovadoras y sostenibles.

Los esfuerzos en I+D+i del sector dan respuesta a la creciente sensibilidad medioambiental de las entidades fabricantes de asfalto y/o vinculadas a su producción, transporte y aplicación. Sin embargo, no existe una iniciativa sectorial que permita visualizar y premiar estos desarrollos, que significan avances técnicos, económicos, sostenibles y medioambientalmente amigables.

Pueden concurrir al I Premio MPA las prácticas investigadas o implantadas en los últimos dos años en el ámbito del asfalto y cuyas mejoras ambientales hayan sido contrastadas. Las propuestas deben enviarse a la dirección de correo asefma@asefma.com.es hasta el 30 de abril de 2014, en formato presentación (PowerPoint o pdf) o audiovisual.

El jurado, formado por los miembros del comité técnico de la IX Jornada Nacional de ASEFMA, seleccionará las mejores prácticas disponibles en términos de innovación y sostenibilidad medioambiental, atendiendo a los siguientes criterios: originalidad, innovación, repercusión en el sector y mejoras ambientales evaluadas.

Las tres mejores propuestas serán dadas a conocer en la primera quincena de mayo y la entrega del premio se realizará durante la IX Jornada Nacional de ASEFMA, que tendrá lugar el 26 de junio de 2014.

ASEFMA es una asociación de entidades dedicadas a la fabricación y aplicación de mezclas asfálticas para la pavimentación viaria. Entre sus fines estatutarios destaca el fomento de la investigación y la colaboración en la redacción de normas de fabricación, aplicación y control de calidad.

Sus acciones están orientadas a la satisfacción de los usuarios y la preservación del medio ambiente.

El Ministerio de Fomento marca un mínimo histórico en contratación de obra pública en 2013

Según una noticia publicada por el periódico Expansión el pasado día 21 de febrero, el Ministerio de Fomento adjudicó contratos de obras públicas por un importe de 907,88 millones de euros en 2013, lo que supone un descenso del 60,5% respecto a 2012 y marca un mínimo histórico en adjudicaciones de proyectos, según datos oficiales del Departamento recogidos por Europa Press. El dato supone encadenar, al menos, cinco años consecutivos de descensos en contratación de obras, lo que acumula un ajuste del 91% desde el volumen de 10.625 millones adjudicados en 2008.

En cuanto al ejercicio de 2013, casi el 86% del total contratado correspondió a empresas públicas dependientes de Fomento (Adif, Aena y Puertos del Estado), de forma que el Ministerio sólo promovió directamente trabajos por casi 130 millones de euros.

IV Jornada de caracterización de mezclas bituminosas

El pasado día 26 de febrero de 2014 se ha celebrado la IV Jornada de caracterización de mezclas bituminosas, organizada por Asefma, en la Universidad Europea de Madrid. La Jornada estuvo coordinada por D. José Luis Peña y se organizó en cuatro sesiones técnicas a lo largo de la mañana. La Jornada se podía seguir en forma presencial o mediante visualización online, para lo que se habilitó el hashtag #IVjornadaAsefma para seguir por Twitter la jornada y poder mandar preguntas online.

Aglomerado COLOREADO

Pigmento tradicional en polvo



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

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

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

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

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

NUEVO PIGMENTO EN ESCAMAS



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 - www.sodemin.com

La Jornada ha resultado un éxito total de participación, tanto presencial como, de manera especial, online, con la participación de numerosas personas desde varios países de América (México, Chile, Argentina, Costa Rica, Guatemala, Estados Unidos, etc).

Los resultados no dejan indiferentes al sector del asfalto y pavimentación. Sólo durante el día 26 de febrero, en que se celebró la jornada, el debate online generado por la jornada, y medido a través del uso del hashtag #IVJornadaASEFMA, lograba superar los tres millones de impresiones. En un único día. Nunca un evento de ASEFMA había logrado tal repercusión. Es más: nunca un evento vinculado al sector español del asfalto y la pavimentación lo había hecho. Un total de 85 usuarios de Twitter transmitieron 1.884 mensajes en dicha red y lograron que la I+D+i de nuestro sector llegara a más de 80.000 personas.

Taller de internacionalización de la I+D+i del sector de la pavimentación

El mismo día 26 de febrero, por la tarde y en el mismo sitio que la anterior Jornada, se celebró este Taller, que fue retransmitido online vía Itafec y que fue gratuita, gracias al patrocinio de Zabala Consulting. El encuentro contó con la colaboración de la Plataforma Tecnológica de la Carretera y fue coordinado por Antonio Ramírez. Se estructuró en tres sesiones, con los temas siguientes:

- Introducción general al Programa Horizon 2020.
- Revisión de los principales topics de interés para las empresas del sector.
- La Agenda Estratégica de la PTC en H2020.
- Eco-innovation y LIFE.
- EUREKAS, Infravation y TEN-T.
- Participación de empresas iberoamericanas en proyectos europeos e IBEROEKAS.
- Papel de ASEFMA y de la PTC en la internacionalización de la I+D+i de sus socios.

En este caso, de nuevo fue un éxito de participación, con los resultados siguientes: 86 participantes difundieron 428 tuits con un alcance de 968.736 impresiones. En otras

palabras, cerca de 30.000 personas y entidades presentes en Twitter conocieron la actividad de I+D+i que desarrolla en España el sector del asfalto y pavimentación, la calidad técnica de unos proyectos muy merecedores de financiación europea y que contribuyen al progreso socioeconómico del país.

Transfiere 2014

Los pasados días 12 y 13 de febrero de 2014 se ha celebrado en Málaga el Foro TRANSFIERE 2014, que ha contado con la presidencia de honor de S.A. R. el Príncipe de Asturias.

Transfiere 2014 ha cerrado su tercera edición posicionándose, una vez más, como el evento multisectorial de la innovación española. Este año ha reunido a más de 1.800 profesionales, 1.856 perfiles tecnológicos y 375 empresas e instituciones, procedentes de España, Portugal, Reino Unido, Finlandia y Latinoamérica. En el evento, además, se han dado cita 253 grupos de investigación de 52 universidades, 28 expositores y se han celebrado más de 3.200 citas.

El enfoque de este año ha sido centrarse en la interacción entre empresas, especialmente *start-ups* y pymes con universidades, centros tecnológicos y empresas de mayor tamaño para buscar colaboraciones. La mayor parte del espacio estaba dedicado a las mesas de encuentros.

En paralelo, se celebran conferencias en tres foros denominados: Foro Institucional Administraciones Públicas, Red Point y Zona 3,14.

En la jornada del día 12, y con potencialidad en nuestro sector, destacaría diversas mesas redondas/ponencias, concretamente:

- Mapas de demanda temprana I (coordinada por M^a Ángeles Ferré, de la Subdirección General de Colaboración Público-Privada). En esta mesa redonda intervinieron siete plataformas tecnológicas, que contaron sus diversas experiencias.
- Mapas de demanda temprana: oportunidades para las pymes de la red Innpulso. En este caso, se explicó qué es la red Innpulso y qué actividades desarrolla a través de sus grupos de trabajo. Fue especialmente interesante su interés en lanzar retos de innovación para pymes.

Noticias del sector

- Mesa redonda de internacionalización. En ella había representantes del ICEX, OEPM, agentes de patentes, CDTI y del Club de Exportadores.
- Mesa redonda de compra pública innovadora. Coordinada por Luis Cueto (Subdirector General del Fomento de la Innovación Empresarial del MINECO). Destacó la presentación de casos prácticos, expuesta por Ramón Maspons, del Servicio de Evaluación de la Calidad Sanitaria de la Generalitat de Cataluña.

Proyecto POLYMIX

El pasado día 12 de febrero de 2014, el consorcio formado por la consejería de Transportes, Infraestructuras y vivienda de la Comunidad de Madrid, la Universidad de Cantabria, Acciona Infraestructuras y AIMPLAS, que está desarrollando el Proyecto Polymix: Desarrollo de asfaltos con residuos plásticos, ha celebrado un Workshop o Jornada técnica de presentación de resultados, donde han dado cuenta de la marcha del proyecto, de los resultados obtenidos en los tramos de ensayo realizados en la carretera M-300 en Alcalá de Henares (Madrid), utilizando cuatro tipos de mezclas bituminosas modificadas con diferentes tipos de residuos en base a los trabajos de investigación realizados.

El proyecto se financia por LIFE+ Programme, según el acuerdo de subvención LIFE 10 ENV Es 516.

El primer interCILA

Asefma ya ha empezado con los preparativos del primer interCILA. El próximo 25 de junio, Madrid acogerá a delegados internacionales del Congreso Ibero Latinoamericano del asfalto (CILA), en la que pretende ser la mayor reunión de habla hispana sobre cuestiones asfálticas.

La asistencia de los participantes no estará, sin embargo, supeditada a su localización física: todas las sesiones serán retransmitidas vía *streaming*, desde la plataforma de Itafec, y en redes sociales. De este modo, profesionales, académicos y entidades podrán seguir las conversaciones y participar en el debate desde cualquier punto geográfico.

Se espera una asistencia de 150-200 personas en la modalidad presencial y un centenar de puntos de conexión online entre Iberoamérica, España y Portugal.

El programa académico, que parte de las presentaciones de las mejores ponencias de la IX edición del CILA, está coordinado por el catedrático de Caminos, Puertos y Canales Miguel Ángel del Val.

En este interCILA, también se expondrán los progresos del XVIII CILA, previsto en Bariloche (Argentina) en 2015; la metodología de diseño de mezclas asfálticas elaborada por ALEAS y el "Manual para la puesta en obra de mezclas asfálticas", redactado por el ingeniero español D. Jacinto Luis García Santiago.

Para más información, siga el siguiente enlace: <http://asefma.es/intercila-retransmision-online/>

Asamblea de Asefma: los peores datos de producción en los últimos 40 años

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) celebró, el pasado 21 de enero de 2014, su Asamblea General Ordinaria, marcada por los peores datos de producción de asfalto de los últimos cuarenta años. Al término de la reunión intervinieron en acto público el presidente de la asociación, Juan José Potti; el presidente de la Confederación Nacional de la Construcción, Juan Lazcano; y el secretario General de Infraestructuras, Manuel Niño.

La Asamblea General de Asefma ha analizado el impacto de la crisis económica hasta finales de 2011, una situación que en palabras de su presidente, Juan José Potti, es “un golpe” para una industria (la de la pavimentación) muy vulnerable a cambios de tendencia tan fuertes. Hasta la fecha se han perdido 30.000 empleos por esa falta de inversión desde las Administraciones, lo que también pone en riesgo la seguridad vial por la falta de inversión para mantener y conservar el firme.

En el transcurso del encuentro se puso de manifiesto un hecho que su presidente viene resaltando desde el año pasado: la pérdida de posiciones respecto a la actividad que había en 2007 y frente a otros competidores europeos. Ante un centenar de asistentes, Potti ha destacado que, en contra de lo que puede parecer, Europa recuperó en el ejercicio de 2011 parte de la actividad perdida años atrás. Sin embargo, España aún no ve síntomas de recuperación dentro del sector.

Si comparamos los datos que se han sacado a colación en la cita del sector asfáltico queda de manifiesto que no atraviesa por su mejor momento ya que en 2007 produjo 49,9 millones de toneladas y se colocaba como el segundo país europeo, solo por detrás de Alemania. Cuatro años más tarde, esta plaza la ocupa Turquía seguida de Francia. Los gráficos que el presidente de Asefma ha mostrado a sus socios dejaban ver una “importante brecha” entre los tres primeros países de la tabla y el resto. Precisamente, el cuarto lugar en el ránking de producción de toneladas de asfalto lo ocupaba en 2011 en España con 29,3 millones, muy alejada de aquellas cifras de 2007, año respecto del cual ha perdido nada menos que un 40% de producción.

La crisis económica ha afectado muy especialmente al sector del asfalto, según ha explicado Juan José Potti ante el resto de socios. El presidente de Asefma ha apuntado a una

nueva bajada en 2012, a pesar de que aún no se tienen datos oficiales. Este nuevo retroceso consecutivo podría haber hecho caer la producción a una cifra final de 20 millones de toneladas, es decir, entre un 50% y un 60% inferior al total de 2007. Los porcentajes hablan por sí solos en “un golpe” que ha sido “muy superior” al de año atrás, principalmente por la constante falta de “licitación”. Y es que la industria del asfalto superó los 1.000 días en blanco, sin obras que se liciten “con caída de cartera de producción continuada” por las “enormes dificultades económicas y financieras”.

El panorama que ha definido Potti es “terrible” hasta el punto de que 25 empresas que pertenecían a Asefma han desaparecido, compañías que eran “una referencia dentro del sector”, pero a las que la crisis y la falta de liquidez de las administraciones se las han llevado por delante. En un contexto como el actual, al sector del asfalto también le ha afectado la necesidad de priorizar desde el Ministerio de Fomento, algo que conduce a una situación que desde la Dirección General de Carreteras han llamado a denunciar y llamar la atención desde Asefma: “el abandono del refuerzo y conservación de firmes de carretera durante cuatro años”.

Juan José Potti también ha incidido en la necesidad de que las autoridades políticas y los ciudadanos conozcan es-





tos datos y sepan cuáles son las consecuencias de la falta de inversión en conservación. En este sentido, Potti ha apostado por “mantener la infraestructura que tenemos” antes de invertir en lo nuevo y siempre con la vista puesta en un criterio objetivo como el de red patrimonial en torno a la que deben pensarse las inversiones. El segundo punto en esta hoja de ruta que están llamados a defender los socios de Asefma es no caer en la tentación de los “planes de choque” y apostar por el actual modelo francés que tan buenos resultados está dando en sus competidores galos.

Y es que hasta la fecha, la crisis económica en la industria de la pavimentación ha supuesto la pérdida de 30.000 puestos de trabajo, que eran profesionales especializados y, como ha destacado el presidente de Asefma, “mano de obra fija y formada en la empresa”. En otras palabras, se ha perdido un 50% del total de empleados del sector y “no hay ni una sola empresa que no se haya visto afectada por un ERE”. Esto se debe a que la pavimentación conforma un grueso profesional “muy industrializado” que “soporta muy mal” los cambios de tendencia “tan fuertes” como el que ha experimentado la economía española el último lustro.

Al margen de despidos o pérdidas de beneficios y cuota de mercado, dentro de Asefma preocupa mucho el peligro que entraña el deterioro y desintegración de este sector que exige medidas contundentes para su “reactivación” tras un 2012 sin obras licitadas y con el consiguiente riesgo para la seguridad vial. Por ello, desde la Asamblea General de Asefma han concluido la necesidad de firmar un manifiesto conjunto y aprobar “una programación anual estable” que analice un modo adecuado de optimizar la conservación de las carreteras. En base a los cálculos del presidente de Asefma, se deberían destinar 1.100 millones de euros para el refuerzo de los firmes, entre 520 millones de euros de la Administración Central y otros 580 de las Comunidades Autónomas, un presupuesto que sería una garantía de futuro de nuestra red patrimonial.

Como consideración final, Juan José Potti ha destacado que es necesario pensar en la conservación a través de me-

dios adecuados partiendo de una base actual de 480 plantas y de evitar errores como tapar desperfectos “superficialmente” escudados en la crisis económica. Estos no se salvan ni con lechadas bituminosas ni con microaglomerados en frío. “Así no se soluciona la crisis en el sector asfáltico” ha rematado el presidente de Asefma ante el resto de socios.

Presentación ante los medios

Una vez terminada la asamblea, tuvo lugar un acto en abierto para los medios de comunicación. Juan José Potti anunció que el sector había cerrado 2013 con una producción de 15 millones de toneladas de mezclas bituminosas.

Siete años de descensos dejan una caída acumulada del 70% desde 2007 y un mínimo histórico, cuyas consecuencias se han reflejado en el cierre de empresas, pérdidas de miles de puestos de trabajo y una producción de asfalto incapaz de cubrir las necesidades reales de la muy deteriorada red viaria española.

“El sector español del asfalto acumula cinco años de licitaciones en refuerzo de firmes, bajo mínimos”, apuntó el presidente de Asefma, quien recordó la posición de los fabricantes españoles de asfalto: “Antes de invertir en una nueva infraestructura, hay que mantener adecuadamente las actuales”.

Por su parte, Juan Lazcano subrayó que la construcción estaba siendo tratada por el gobierno como un mal mayor y recordó que “sin el sector de la construcción, no se creará empleo en España”. El presidente de la CNC dio por perdido el ejercicio 2014 en cuanto a la recuperación de la inversión en obra pública. “La política de infraestructuras es la primera damnificada por los recortes”, declaró.

El secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, Manuel Niño, reconoció que durante 2013 se había realizado una mala gestión de carreteras, que consideró ya corregida. Niño señaló que consideraba que “en el sector de las carreteras ya hemos tocado fondo en 2013” y que “las cosas ya han empezado a cambiar”. Respecto a las previsiones para 2014 recordó que está prevista una inversión de 2.153 millones de euros en carreteras, de los cuales 818 en conservación. Niño también anunció que se habían cambiado los pliegos de los contratos de obras para reducir a la mitad la posibilidad de que se presenten ofertas económicas que representen baja temeraria respecto al presupuesto con el que el proyecto sale a concurso.

Balance del XVII Congreso CILA

Este texto pretende ser un resumen sosegado, una vez pasados los meses, de la importancia real del XVII Congreso CILA de Guatemala. Es un texto escrito por los dos delegados de CILA en España. Es difícil disociar hechos objetivos de sensaciones subjetivas. Éste no era un CILA más, era el primer CILA tras la muerte de Jorge Agnusdei y quizás por ello su ausencia estuvo más presente que nunca.

Juan José Potti, jjpotti@asefma.com.es

Asefma

Alberto Bardesi, abardesi@repsol.com

Repsol

Ateniéndonos a hechos concretos, el XVII CILA de Guatemala fue el primer CILA que contó con una página web con vocación de continuidad más allá de la cita en Guatemala, www.congresocila.org será siempre ese punto de encuentro de la comunidad ibero-americana del asfalto. Por seguir en el terreno digital, este CILA contó por primera vez, con el apoyo de las redes sociales Facebook y Twitter. @CongresoCILA superó los 1.200 seguidores gracias al apoyo final de itafec. Desde el punto de vista de la participación, las cifras finales nos hablan de más de 600 participantes provenientes de 26 países.

Durante el XVII CILA se expusieron nueve conferencias magistrales y un taller sobre “Conceptos básicos de reología de los ligantes asfálticos”. Además, se presentaron 134 ponencias en el evento, que supone un 64% de las publicadas, que se distribuyeron en torno a tres sesiones técnicas que se celebraban de forma simultánea. Los países con mayor participación fueron Costa Rica, con 31 presentaciones; Argentina (18) y Brasil y España, con 13 cada uno. Por lo que se refiere al contenido, las presentaciones se distribuyeron como refleja la Tabla 1:

Uno de los momentos más emotivos de este evento tuvo lugar durante la inauguración, con el Homenaje a Jorge Omar Agnusdei, recibido por su compañera, Nérida Guissani. En este acto estuvo presente el ministro de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de la República de Guatemala, Alejandro Sinibaldi. Las palabras de Roberto Orellana en la memoria de nuestro querido Jorge, después de la misa en su recuerdo, marcaron un CILA lleno de alusiones y referencias al desaparecido Secretario permanente del CILA.

Tabla 1. Participantes en el CILA por países

Nº	País	Participantes
1	Guatemala	216
2	Argentina	53
3	México	53
4	El Salvador	32
5	Perú	28
6	Brasil	22
7	Chile	21
8	Costa Rica	20
9	España	19
10	Ecuador	17
11	Colombia	16
12	Honduras	16
13	Estados Unidos	11
14	Nicaragua	10
15	Uruguay	7
16	Bolivia	7
17	Paraguay	5
18	Portugal	5
19	Bahamas	4
20	Panamá	4
21	Venezuela	2
22	República Dominicana	1
23	Cuba	1
24	Alemania	1
25	Italia	1
26	Otros	27
Total		982

Otro de los momentos significativos de la ceremonia de clausura fue la presentación del V Premio Internacional a la

Tabla 2. Conferencias magistrales y taller presentados en CILA.

Nº	Título	Conferencista	País
1	Evolución económica de los países de Latinoamérica	Ing. Óscar Sequeira	Guatemala
2	Panorama global del sector de la pavimentación asfáltica: retos y desafíos	Ing. Juan José Potti	España
3	El envejecimiento prematuro, patología evitable de los pavimentos asfálticos: diagnóstico, terapéutica y medidas preventivas	Dr. Hugo Bianchetto	Argentina
4	Protocolo AMAAC - Diseño de mezclas asfálticas de alto desempeño	Ing. Paul Garnica	México
5	Estado del arte en caracterización de asfalto y mezclas asfálticas	Dr. Luis Guillermo Loría	Costa Rica
6	Nuevas tecnologías y su impacto en el diseño de modelos del Gobierno	Lic. Jorge Omar Hembra	Argentina
7	Procedimiento de diseño de pavimento asfáltico para vías de bajo volumen	Ing. Augusto Jugo	Venezuela
8	El tratamiento de agregados con polímeros: ventajas y desventajas	Sres. Ed Candler y Jeseé Magaña	Estados Unidos
9	Tendência brasileira na gestão dos pavimentos flexíveis e da implementação de novas tecnologias	Ing. Celso Ramos	Brasil
Taller	Conceptos básicos de reología de los ligantes asfálticos	Dr. Abel Gaspar-Rosas	México

innovación en Carreteras 'Juan Antonio Fernández del Campo', a cargo de Alberto Bardesi y Juan José Potti, en nombre de la Asociación Española de la Carretera.

Durante la reunión de delegados de CILA, celebrada en el transcurso del Congreso, tuvo lugar la revisión y firma de Estatutos de la Asociación Ibero Latinoamericana del Asfalto (AILA) y la presentación del Premio 'Jorge Omar Agnusdei' para CILAs, por parte de Norberto Cerruti y Lucio Cáceres.

Tabla 3. Contenido de las presentaciones.

Nº	Temarios	Cantidad
1	Materiales asfálticos	50
2	Agregados	4
3	Proyecto estructural de pavimentos	25
4	Construcción de pavimentos flexibles	12
5	Conservación de pavimentos flexibles	3
6	Técnicas de pavimentación teniendo en cuenta la economía de energía y el impacto ambiental	17
7	Gerencia de pavimentos	14
8	Misceláneos sobre materiales o aplicaciones bituminosas	9
9	Formación de recursos humanos	0
Total temarios		134

Asimismo, se estableció la ciudad de Bariloche (Argentina) como sede para el XVIII CILA 2015.

En la Noche del Constructor, que antecedió a la Clausura, se destacó la labor del arquitecto Ernesto Ruiz Sinibaldi como Constructor Destacado de 2013 y sirvió para constatar que el espíritu del CILA está más vivo que nunca. Las muestras de afecto y de compañerismo entre los delegados pusieron de manifiesto la solidez del proyecto que ahora lidera el Ing. Felipe Nogués. En el último día se contó con la presencia de 310 participantes en la ceremonia de Clausura, especialmente reseñables fueron las palabras del Ing Helio Farah a sus "senadores" del CILA. Este CILA será recordado por mucho tiempo y de eso se pueden sentir muy orgullosos una familia, la familia Agüero. El cariño y la profesionalidad del evento, además de los atractivos del país, liderados por Pepe Agüero, Delegado CILA en Guatemala, hicieron que todos y cada uno de los asistentes pudiésemos disfrutar de este gran país y de esta gran familia.

Los resultados en Twitter hablan de una comunidad de 1.292 personas generadora de más de cien conversaciones y que contribuyó a que sólo desde @congresocila los tuits emitidos alcanzasen las 489.668 impresiones. Por su parte, el "engagement" en Facebook se disparó logrando más de 575 interacciones y un alcance de 13.006 usuarios y 58.243 impresiones.

Los preparativos para el primer interCILA, que tendrá lugar el día 25 de junio, en Madrid, ya han comenzado, bajo la batuta de Asefma.

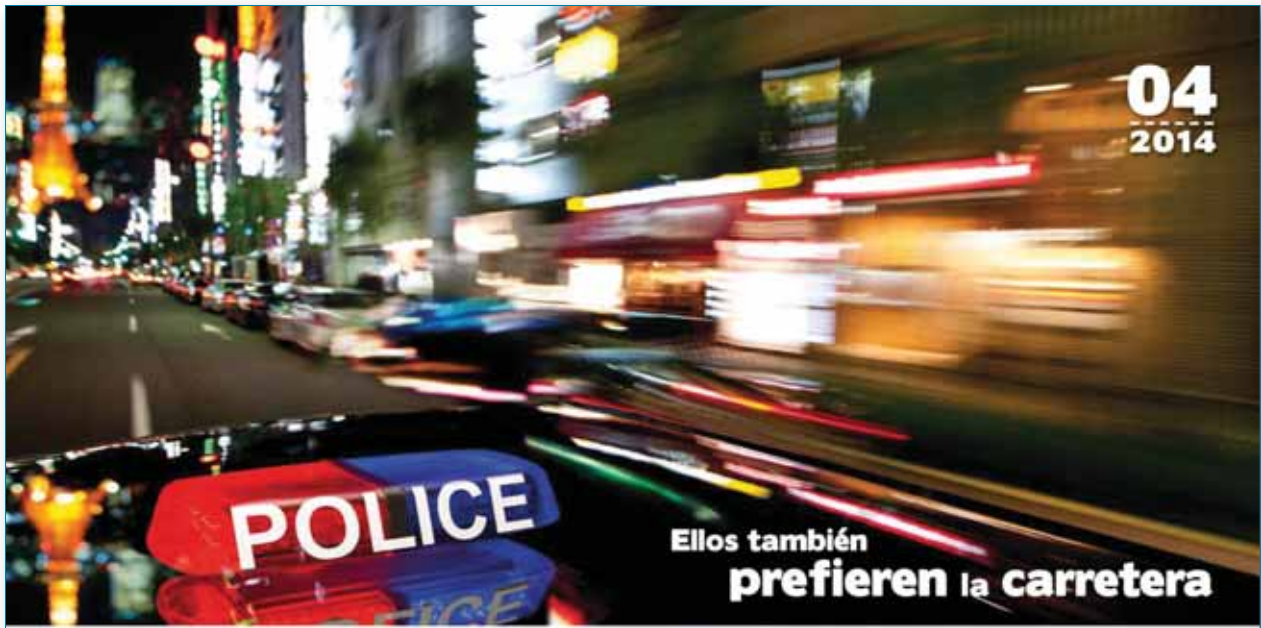
Calendario de eventos

AÑO 2014

16-19 de marzo AAPT	89th AAPT Annual Meeting and Technical Sessions aaptinfo@gmail.com	Atlanta, Georgia (EEUU) www.asphalttechnology.org/
25 de marzo Eurobitume	Benelux Bitumen Day www.eurobitume.eu/events/bitumen-day-2014	Bruselas (Bélgica)
26 de marzo Eurobitume	Swiss Bitumen Day http://www.eurobitume.eu/events/swiss-bitumen-day-2014	Berna (Suiza)
1-5 de abril SMOPYC	SMOPYC 2014 comunicación@feriazaragoza.es	Zaragoza (España) www.smopyc.com
29 de abril ACEX	Jornada Técnica: "El aporte de la Conservación a la Seguridad en la Carretera"	Zaragoza (España) www.acex.ws
8-11 de mayo SITEB	Asphaltica - Samoter scappini@veronafiere.it	Verona (Italia) www.asphaltica.it/ www.samoter.com/
12-14 de mayo IBP	21º Encontro de Asfalto eventos@ibp.org.br	Rio de Janeiro (Brasil) www.ibp.org.br
20-30 de mayo AASHTO	AASHTO Spring Meeting mrussell@ashto.org	Louisville, Kentucky (EEUU) www.mmsd.transportation.org/
22 de mayo ATEB	II Jornada Nacional ATEB	Madrid (España) www.ateb.es/
1-5 de junio ISAP	ISAP 2014	Raleigh, North Carolina (EEUU) http://go.ncsu.edu/isap
2-6 de junio AEC	IV Congreso Panamericano de Seguridad Vial mrodrigo@aecarreteras.com	Madrid (España) www.aecarretera.com
12 de junio EAPA	8th EAPA Symposium 2014	Paris (Francia) www.eapa.org/
25 de junio ASEFMA	I InterCILA	Madrid (España) www.asefma.es/
26 de junio ASEFMA	IX Jornada Nacional ASEFMA	Madrid (España) www.asefma.es/
10-11 de julio TRB	Ninth Annual Strategic Highway Research Program (SHRP2) Safety Symposium Rcunard@NAS.edu	Washington DC (EEUU) www.trb.org/

AÑO 2015

11-15 de enero TRB	94th TRB Annual Meeting Rcunard@NAS.edu	Washington DC (EEUU) www.trb.org/
25-28 de enero NAPA	NAPA's 2015 Annual Meeting	Marco Island, Florida (EEUU) www.asphaltpavement.org/
22-25 de febrero IBEF	6th World Emulsion Congress & 1st Pavement Preservation & Recycling Summit	Paris (Francia) www.ibef-net/
15-18 de marzo AAPT	90 AAPT Annual Meeting aaptinfo@gmail.com	Portland, Oregon (EEUU) www.asphalttechnology.org/
7-9 de octubre RILEM	8th International RILEM Symposium	Ancona (Italia) www.rilem-sib2015.it
Noviembre Comisión Permanente del Asfalto	XXVII Congreso Ibero-latinoamericano del Asfalto	Bariloche (Argentina) www.cpasfalto.org/eventos.htm
2-6 de noviembre AIPCR	XXV Congreso Mundial de la Carretera info@atc-piarc.com	Seul - Corea del Sur www.atc-piarc.com



04
2014

POLICE

Ellos también **prefieren la carretera**

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

ABRIL 2014

Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas 

[f /asfma](#) [@asfma_es](#) [/company/asfma](#)

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



Incluso tú....

El **90%** de los **desplazamientos de personas** se realizan por **carretera**

05
2014

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

MAYO 2014

Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas 

[f /asfma](#) [@asfma_es](#) [/company/asfma](#)

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

Mirando al pasado

Julio-octubre de 1979.



Boletín de Asfalto
PRODUCTOS ASFÁLTICOS, S. A. • PROAS • OQUEENDO, 23 • TEL. 267 8301 • MADRID-6

VOLUMEN III – PAG. 285



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

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

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

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

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

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

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

Lecturas recomendadas

Desde esta sección fija se recogerán aquellos enlaces y documentos que resulten de interés para el sector de las carreteras.



Informes: *"Best practices for implementation of tack coat: part 1, laboratory study" y "best practices for implementation of tack coat: part 2, field study". Julio 2012*

Estos informes elaborados por el Illinois Center for Transportation recogen un minucioso trabajo a escala de laboratorio y en carreteras sobre la tecnología relativa a los riegos de adherencia.

<http://ict.illinois.edu/publications/report%20files/FHWA-ICT-12-004.pdf>

<http://ict.illinois.edu/publications/report%20files/FHWA-ICT-12-005.pdf>



Informe: *"Guide for conducting forensic investigations of highway pavements". NCHRP report 747. 2013*

Este informe presenta una guía para la realización de investigaciones forenses de pavimentos de autopista. La guía incluye un proceso práctico y lógico para la realización de investigaciones en pavimentos que ayuden a entender las razones que hay detrás de los deterioros prematuros o los excepcionalmente buenos comportamientos, y para recopilar datos para su uso en el desarrollo o en la calibración de modelos de predicción de comportamiento. La información obtenida de estas investigaciones proporciona una base para la mejora de las prácticas de diseño y construcción de pavimentos. El contenido del informe será de gran interés para los técnicos y gestores de infraestructuras viarias involucrados en los diferentes aspectos del diseño del pavimento y de su construcción.

<http://www.trb.org/Main/Blurbs/169519.aspx>



Informe: *"Reformulated Pavement Remaining Service Life Framework". Publication No. FHWA-HRT-13-038. Noviembre 2013*

El documento se centra en clarificar la terminología asociada a la vida útil de los pavimentos que, según los autores, en la actualidad genera interpretaciones confusas. El texto es de especial utilidad para los gestores de infraestructuras.

https://www.fhwa.dot.gov/pavement/pub_details.cfm?id=901



Publicación: *"Unintended consequences. A research synthesis examining the use of reflective pavements to mitigate the urban heat island effect". Octubre 2013*

Este estudio muestra los efectos colaterales generados por las superficies altamente reflectivas sobre entornos urbanos, proporcionando una visión sorprendente respecto a hechos que se consideraban incontrovertibles.

<http://ncesmart.asu.edu/news/unintended-consequences>

La digitalización del sector del asfalto y la pavimentación

La presencia online del sector español del asfalto está muy vinculada a la entidad que los representa: la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) y al Instituto Técnico Avanzado en formación online y difusión 2.0 de conocimientos sobre el sector de las carreteras: Itafec.

Bárbara Fernández García, bfernandez@itafec.com

Corporate communications & Social Media manager

Sin las acciones de comunicación y difusión 2.0 que desarrolla Asefma, el sector sería prácticamente mudo en la web. Sus inquietudes y logros estarían subyugados a interpretaciones terceras, sean periodistas, políticos o ciudadanos de a pie. Sus demandas no llegarían tan siquiera a oídos sordos.

Del mismo modo, sin la labor que está desarrollando Itafec en materia de difusión 2.0 de conocimiento técnico, los avances y logros en I+D dentro del sector de la pavimentación quedarían reducidos poco menos que a la lectura de revistas especializadas, audiciones en aulas universitarias o intercambios en las salas donde tienen lugar los eventos técnicos. Estático a ojos de la ciudadanía y fuertemente endogámico, el dinamismo e innovación en materia de asfalto sería solo visible dentro del propio sector.

No todas las empresas dedicadas a la fabricación y aplicación de mezclas asfálticas tienen web corporativa, no todas dedican (o pueden destinar) recursos a la comunicación. Son menos aún las que utilizan herramientas 2.0 o invierten en medios sociales (*social media*). Pero Asefma, como entidad aglutinadora de gran parte de ellas, supo sacudir a tiempo a un sector eminentemente analógico y aparentemente acomodado en el silencio. Y lo sigue haciendo con éxito.

También entendió que las herramientas 2.0 son fundamentales en la promoción de la investigación y la difusión de conocimiento sobre mezclas asfálticas. Sólo mediante el soporte en tecnologías de la información y comunicación, a partir de retransmisiones online, se logra realmente hacer universal y accesible el conocimiento que vehicula en jornadas técnicas y revistas científicas. Y en este sentido, la única entidad especializada en el sector viario que provee de herramien-

tas de difusión 2.0 –desde *streaming* y edición de vídeos hasta archivos documentales técnicos en librería online– es Itafec.

Las oportunidades del camino online

La reputación de una marca se mide en la red. Es la razón por la que los medios de comunicación digitales pueden llegar a ser más poderosos que los tradicionales. La aparición en las primeras posiciones de resultados de Google es hoy lo que hace unas décadas eran los artículos a toda página en los periódicos de mayor tirada nacional: una herramienta de presión, una llave que abre nuevos mercados, un apoyo social; prestigio si está escrito en clave positiva, descrédito si la redacción es negativa.

La red es también un termómetro social. Plataformas digitales, websites, blogs, foros, redes sociales... recogen las opiniones de millones de ciudadanos sin ningún tipo de censura o coacción. Ellos valoran las empresas y productos por su presencia en la web; si no, simplemente no existen. Los ciudadanos también actúan cada vez en más ocasiones (¿desde luego más de las que gustaría a profesionales de la información!) como improvisados periodistas que aportan, refuerzan, com-





pletan... o contaminan todo tipo de información. Armados únicamente de un dispositivo conectado a Internet, pueden incluso provocar cambios de gobierno.

Y conociendo este inmenso potencial, ¿quién no querría estar online? ¿quién querría perder ese canal directo de comunicación con medios y ciudadanos?

Liderazgo online, influencia social

Asefma comenzó a imaginar el potencial de Internet en 2011, pero necesitó que el sector sufriera una de las peores crisis de su historia para descubrirlo. Más de 850 días sin licitaciones de refuerzo de firmes dejaban una industria agonizante y una red viaria gravemente deteriorada y capaz de amenazar la economía y bienestar social. La situación requería una acción contundente, que despertara de su letargo a una ciudadanía desconocedora de los “asuntos” viarios. Justificaba el grito de un sector tradicionalmente silencioso.

Y así, en mayo de 2013, Asefma inició una decisiva campaña bimestral que, sin olvidar las acciones de gabinete de prensa tradicional, centraba sus esfuerzos en la comunicación y difusión online. La repercusión mediática fue inmediata y, con una ciudadanía cada vez más informada y sensibilizada, la respuesta política tampoco tardó en llegar.

Desde entonces, el sector del asfalto y la pavimentación, liderado por Asefma, abraza las tecnologías de la información y comunicación. Su apuesta por la difusión 2.0 es absoluta y

los resultados no dejan de mostrar que está en el buen camino. Basta recordar la última convocatoria a medios de Asefma tras su Asamblea General, de la que derivaron varios cientos de publicaciones; o el impacto de su último evento –retransmitido desde la plataforma online de Itafec–, la IV Jornada de ensayos, que sólo en Twitter superó los 3.000.000 de impresiones.

El liderazgo online de Asefma en el sector (no ya del asfalto, sino viario) es indiscutible. Con un centenar de seguidores en LinkedIn, más de 3.000 tanto en Twitter como en Facebook y un índice *klout* de 60, Asefma es, con mucho, la entidad más influyente en redes del sector viario español. Despacio, pero con paso firme, también está conquistando los primeros puestos de influencia online del sector del asfalto y pavimentación a nivel internacional.

Indiscutible también es el liderazgo de Itafec en materia de difusión online de conocimiento técnico vinculado a pavimentación, no ya en España, sino a nivel internacional: cada vez son más los ingenieros de Iberoamérica que se sirven de la plataforma para acceder a los eventos que el sector organiza en España. Ello se verá, sin duda, reforzado con la celebración de interCILA, el primer encuentro iberolatinoamericano en materia de pavimentación asfáltica, que será retransmitido íntegramente online desde la plataforma de Itafec.

Cabe esperar que cada vez más empresas dedicadas a la fabricación y aplicación de mezclas asfálticas decidan apostar, no ya solo asociadas, sino individualmente, por la comunicación online. Cabe esperar que esta misma publicación, la revista *Asfalto y Pavimentación*, salte también al 2.0. Con una web social y colaborativa que permita la interacción directa con sus lectores y una presencia intensa en redes sociales, también ella logrará situarse como una publicación de referencia internacional en materia de conocimiento técnico vinculado a asfalto y pavimentación.

Observatorio del sector

Desde esta sección se irán incluyendo indicadores que permitan obtener una radiografía del sector de la carretera, considerando datos de tipo económico. En esta ocasión reproducimos las estadísticas de EAPA sobre producción en los diferentes países que conforman la asociación.

TOTAL PRODUCTION OF HOT AND WARM MIX ASPHALT IN 2007 - 2012 (in million tonnes)

Country	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Austria	9,5	9,5	9,0	8,2	8	7,2
Belgium	4,5	4,9	4,7	4,8	5,9	5,6
Croatia	3,7*	4,2	3,2	2,7	2,6	2,5
Czech Republic	7,0	7,3	7,0	6,2	5,8	5,6
Denmark	3,3	3,1	2,7	3,2	4,0	3,6
Estonia	1,5	1,5	1,2	1,1	1,3	1,1
Finland	5,9	6,0	5,2	4,9	5,0	4,5
France	42,3	41,8	40,1	38,8	39,2	35,3
Germany	51,0	51,0	55,0	45,0	50	41
Great Britain	25,7	25,0	20,5	21,5	22,4	18,5
Greece	8,0	8,1	8,7	5,2	2,3	1,6
Hungary	3,3	2,5	1,6	3,4	2,3	2,5
Iceland	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
Ireland	3,3	2,8	3,3	2,3	1,8	1,9
Italy	39,9	36,5	34,9	29,0	28	23,2
Latvia	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*
Lithuania	1,7	2,2	1,5	1,6	1,6	1,3
Luxembourg	0,6	0,6*	0,6	0,7	0,65	0,61
Netherlands	10,2	9,3	9,8	9,5	9,6	9,2
Norway	5,9	5,7	6,5	5,9	6,7	6,3
Poland	18,0*	15,0	18,0	18,0	26,5	21,1
Portugal	9,0	9,0*	9,0*	6,7	6,4	6,4*
Romania	3,2	3,3	3,6	3,2	3,6	3,2
Slovakia	2,2*	2,2*	2,2	1,9	2,2	1,9
Slovenia	2,1	2,6	2,3	1,8	1,3	1,1
Spain	49,9	42,3	39,0	34,4	29,3	19,5
Sweden	7,7	8,7	8,1	7,9	8,1	7,7
Switzerland	5,2	5,3	5,4	5,3	5,4	4,8
Turkey	22,2	26,6	23,1	35,3	43,5	38,4
Europe	347,7	338,0	317,3	309,3	324,3	276,4

Australia	9,0	9,5	9,5*	7,52		8,8
New Zealand						1
Japan	54,9	49,6	49,6	44,7	45,6	47,3
Ontario - Canada	13,2	13,2*	13,2*	14	13,5	13,0
U.S.A.	500	440	324	326	332	323,5
South Africa					5,7	5,7
South Korea			35,6	20,7		23,2

SURFACE COURSES WITH ASPHALT CONCRETE EN 13108-1

Country	% of total annual hot and warm mix asphalt production in 2012	In '12 applied area in million m ²	Total area in million m ² incl. 2012
Austria	19,0		
Belgium	33,3		
Croatia	55,6	14,6	
Czech Republic	52,9	20,0	
Denmark	27,4	13,6	
Finland	73,0		
Germany	17,0		
Greece	83,0	15,7	
Hungary	48,0	13,7	
Iceland	94,0	1,5	
Italy	41,0		
Lithuania	35,2		
Luxembourg	20,0	1,2	
Netherlands	19,0		
Poland	27,0		
Romania	3,8	20,0	
Slovakia	56,0	8,7	
Slovenia	49,0	10,5	
Spain	30,0		
Sweden	25,0	30,0	
Switzerland	15,0	4,2	
Turkey	45,0		
Japan	No data		

APPLICATION IN SURFACE-, BINDER- AND BASE COURSES IN % OF TOTAL ANNUAL HMA PRODUCTION

Country	Surface course	Binder course	Base course
Austria	20	10	70
Belgium	47		53
Croatia	39	4	37
Czech Republic	39	17	24
Denmark	47	10	43
Estonia	No data	No data	26
Finland	93	0	7
Germany	28	21	51
Greece	85	10	5
Hungary	51	38	13
Iceland	95	5	
Italy	50	30	20
Lithuania	44	26	30
Luxembourg	40	55	5
Netherlands	40	11	49
Norway	80	10	10
Poland	33	32	35
Romania	20	26	54
Slovakia	39	30	11
Slovenia	52	4	44
Spain	48	33	19
Sweden	50	13	35
Switzerland	26	22	52
Turkey	48	27	25
Japan	80	12	8
Ontario - Canada	60		40
South Africa	No data	Not used	No data

SURFACE COURSES WITH BBTM EN 13108-2

Country	% of total annual hot and warm mix asphalt production in 2012	In '12 applied area in million m ²	Total area in million m ² incl. 2012
Austria			
Belgium	1,6	1,24	
Croatia	0,6	0,24	
Czech Republic	0,4	0,20	
Greece	2,0	0,30	
Romania	2,3	10,00	
Spain	15,7		
Switzerland	3,0	1,12	24,4

Japan	No data		
-------	---------	--	--

SURFACE COURSES WITH SOFT ASPHALT EN 13108-3

Country	% of total annual hot and warm mix asphalt production in 2012	In '12 applied area in million m ²	Total area in million m ² incl. 2012
Finland	10,6		
Lithuania	1,3		
Sweden	5,0	10,0	

SURFACE COURSES WITH HOT ROLLED ASPHALT EN 13108-4

Country	% of total annual hot and warm mix asphalt production in 2012	In '12 applied area in million m ²	Total area in million m ² incl. 2012
European countries	No data		
Japan	No data		

SURFACE COURSES WITH POROUS ASPHALT EN13108-7

Country	% of total annual hot and warm mix asphalt production in 2012	in '12 applied area in million m ²	Total area in million m ² incl. 2012
Belgium	0,37	0,25	
Czech Republic	0,20	0,10	
Denmark	0,21	0,14	2,70
Hungary	0,10	0,00	
Italy	6,50		
Luxembourg	3,20	0,20	
Netherlands	10,00		
Slovenia	0,30		
Spain	0,70		
Sweden	<1	0,20	
Switzerland	8,00	1,90	29,6
Japan	4,00		

Country	Stationary Plants		Mobile plants		Number fit for hot recycling	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Austria	112	112	1	1	80	80*
Belgium	36	38	0	0	25	28
Croatia	52	52	3	3	5	5
Czech Republic	110	105	3	3	70	70
Denmark	42	40	3	3	40	38
Estonia	23	10	13	13	11	11
Finland	55	52	24	20	45	55
France **	437	438	69	67	>200	>200
Germany	648	635			622	610
Great Britain ***	250	250				
Greece ***	210	155	5	5	1	1
Hungary	73	84	5	5	39	40
Iceland ***	4	4	4	4	2	2
Ireland	40	37	0	0	5	3
Italy	640	640	10	10	300	300
Lithuania	37	38	1	3	24	24
Luxembourg	4	4	0	0	3	2
Netherlands	41	41	0	1	40	40
Norway	85	85	11	10	25	25
Poland	300	300	35	35	4	4
Portugal	25	25*	25	25*	15	15*
Romania		8		2		8
Slovakia	54	54	0	0	22	22
Slovenia	14	13		1		6
Spain	359	295	97	80	159	87
Sweden	85	87	10	10	75	80
Switzerland	143	142	2	2	75	78
Turkey ***	212	225	431	437	10	10
Europe	4091	3949	754	739	1694	1946
Australia***		137		32		
Japan	1160	1160	12	5	994	979
New Zealand		50		4		
Ontario - Canada	120	140	30	23	125	135
South Africa	27	28	22	23	31	32
South Korea		471		0		
USA****	3500					

** One or more plants are operated and owned by the road administration
 *** One or more plants are operated and owned by the road administration and/or municipalities
 **** Total of stationary and mobile plants

COMPANIES IN THE ASPHALT INDUSTRY

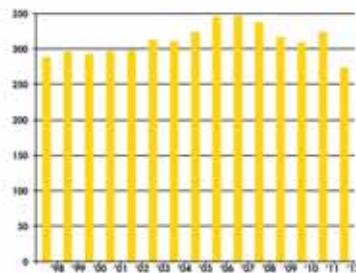
Country	Production only	Production & laying	Laying only
Austria		48	
Belgium	9	19	No data
Croatia		39	10
Czech Republic	19	27	>40
Denmark	0	7	~ 10
Estonia	1	5	5
Finland	0	10	15
France		30	>1000
Germany	360	150	3000
Great Britain	19	34	>100
Greece	160	160	0
Hungary	1	28	20
Iceland	1	4	10
Ireland	18	18	22
Italy	30	500	>2500
Lithuania		20	No data
Luxembourg		3	
Netherlands		22	5
Norway	7	19	40
Poland	4	260	155
Portugal	10*	16*	60*
Romania	10	12	8
Slovakia	2	14	20
Slovenia	14	8	4
Spain	9	132	254
Sweden	0	10	80
Switzerland	43	79	>270
Turkey	2	265	~ 80
Europe	640	1947	7810
Australia	20	19	
Japan		729	
New Zealand		20	Many
Ontario-Canada		50	100
South Korea		471	
South Africa	6	9	17

PRODUCTION OF WARM MIX ASPHALT IN 2012

For this table **Warm Mix Asphalt** is defined as mixtures produced by using special techniques and/or additives to reduce the production temperature. The production temperature is between 100°C and 150°C.

Country	2012 (million tonnes)
Austria	0,000
Belgium	No data
Croatia	0,000
Czech Republic	0,000
Denmark	0,020
Finland	0,490
France	2,633
Germany	No data
Great Britain	<1,000
Greece	0,000
Hungary	0,002
Ireland	0,001
Lithuania	Insignificant
Luxembourg	0,010
Netherlands	0,070
Norway	0,020
Spain	0,070
Sweden	0,500
Switzerland	0,780
Romania	1,500
USA	77,100
Japan	0,154
Ontario-Canada	0,400
South Africa	0,120

TOTAL PRODUCTION OF HOT AND WARM MIX ASPHALT IN EUROPE (in million tonnes)



RECYCLING

Country	Mobile-recycled asphalt (tonnes)	Hot and warm recycling	% of available recycled asphalt used in hot and warm recycling	Subtotal (tonnes)	% of the new hot and warm mix production that contains recycled material
Austria	732 000	88		8	3
Belgium	1 300 000	41	No data	No data	49
Czech Republic	1 400 000	23	0	38	15
Croatia					5
Denmark	780 000	77		11	47
Estonia	1 000 000	62	No data	No data	140
Finland	5 500 000	87		13	87
France	11 800 000				5,02
Germany	4 800 000	100 777	3	7	45
Great Britain	18 500				2,5
Hungary	130 000	10	0	8	No data
Iceland	10 000 000	20		8	83
Ireland	710 000	97	1	18	75
Lithuania	2 000 000	80		18	30
Netherlands	787 481	18	No data	2,90	24
Norway	~ 100 000	~ 4			~ 4,7
Poland	35 000	13	35	39	1,5
Romania	13 000	88	0	5	0,9
Slovakia	10 000	44	20	10	4
Spain	328 000	79	3	19	70
Sweden	1 000 000	23	19	19	24
Switzerland	1 375 000	5		8	7
Turkey	3 914 000				
Australia	833 000	19			78
U.S.A.	64 500 000	90		5	
Ontario-Canada	3 300 000	81		3	75

COLD BITUMINOUS MIXES (annual tonnage)

Country	2012 (tonnes)	2011 (tonnes)	2010 (tonnes)
Austria	10 000	20 000	20 000
Belgium	30 000	30 000	27 000
Croatia	30 000	31 000	27 000
Czech Republic	11 400	8 900	4 401
Denmark	< 5	< 5	< 5
Estonia	< 1 300 000	1 400 000	1 400 000
Finland	5	40 000	13 400
France		No data	
Germany	41 934	38 536	37 477
Great Britain	0,00	0	30 300
Hungary	9 000	27 000	6 000
Italy	41 000	No data	< 1000
Poland	27 000	13 000	3 800
Romania	1 000	1 000	0
Spain	180 000	300 000	92 400
Sweden	70 000	90 000	90 000
Switzerland	450 000	760 000	710 000
Turkey	2 370 000	1 650 000	1 814 000
Japan	18 400	90 000	100 000
Mexico	3 350 000		

APPLICATION OF SLURRY SEAL AND MICRO-SURFACING/SURFACE DRESSING (in million m2)

Country	2012 (m2)	Total '11/'12	2011 (m2)
Austria	0,00	=	0,00
Belgium	0,00	=	0,00
Czech Republic	1,30	=	0,00
Denmark	0,03	=	0,00
Estonia	No data	No data	10,71
Finland	40,00	=	0,43
France	0,10	=	203,00
Germany	0,10	=	2
Hungary		=	0,01
Iceland	0,10	=	3,80
Lithuania	0,30	=	0,26
Luxembourg	No data	No data	11
Norway		=	1,40
Poland	0,93	=	2,90
Romania	0,30	=	0,30
Slovakia	0,00	=	0,00
Spain	8,00	=	0,34
Sweden	1,00	=	10,00
Switzerland	0,33	=	0,34
Turkey		=	159,00
Japan	0,0043	=	No data

Tu mejor yo en Ingeniería Civil



Tu mejor yo se alcanza en la **Escuela Politécnica de la Universidad Europea de Madrid**.

Con tu esfuerzo y una formación diferente, que une los conocimientos técnicos con un especial enfoque en habilidades de gestión, llegarás a ser el ingeniero práctico y creativo que demanda el futuro.

Con laboratorios equipados con la última tecnología, profesores que son profesionales de prestigio en el sector y atención personalizada, para que lideres proyectos desde el primer día.

Sean cuales sean tus circunstancias laborales, ahora es el momento.

Tanto el **Curso de adaptación** como el **Máster Universitario**, son compatibles con tu horario profesional.

- Grado en Ingeniería Civil
- Curso de adaptación a Grado en Ingeniería Civil, para Ingenieros Técnicos de Obras Públicas
- Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos
(habilitante para ejercer la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos)

Infórmate de las **condiciones especiales** para estudiar el **Curso de Adaptación al Grado + Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos** (Habilitante).

Infórmate
902 23 23 50
universidadeuropea.es



**Universidad
Europea Madrid**

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES



Innovar está en nuestros genes

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



REPSOL

Inventemos el futuro

Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.
Más información en repsol.com