

# ASFALTO

## y pavimentación

Número 40 · Volumen XI · Primer trimestre · 2021

número **40**





# Innovar está en nuestros genes

En Repsol, la innovación forma parte de nuestra esencia.

Por eso, en el **Repsol Technology Lab**, dedicamos todo nuestro esfuerzo a la **investigación y desarrollo de asfaltos** que hacen nuestras carreteras más seguras, eficientes y sostenibles.



[Repsol.com](https://www.repsol.com)





Número 40 · Volumen XI  
Primer trimestre · 2021

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

**Director**

Juan José Potti

**Comité de Redacción**

María del Mar Colás,  
Andrés Costa, Jesús Felipo,  
Jacinto Luis García Santiago,  
Lucía Miranda, José Luis Peña,  
Nuria Querol, María del Carmen Rubio,  
Ángel Sampedro, José Antonio Soto

**Secretario**

Andrés Pérez de Lema

**Coordinador**

Francisco Muriel

**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 40 · Volumen XI · Primer trimestre · 2021

**Editorial**

Mirando al futuro inmediato

**05**

**Tribuna**

Pepe Soto

**07**

**Tribuna**

Andrés Pérez

**11**

**Tribuna**

José Luis Peña

**13**

**Interfases bituminosas mejoradas para la durabilidad de los firmes: Tensiones máximas, tiempo de carga y velocidad de cizalla**

Jorge Ortiz Ripoll - Xavier Crisén Grau - Julia Giralt  
Lladanosa - BENITO ARNÓ E HIJOS

**15**

**Secciones fijas**

Ensayos, Mirando al Pasado

**31**

**Patologías de los Pavimentos**

Andrés Costa

**37**

**La opción WAM-RAP para el diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones**

Mario Jairl - Rosana Marcozzi

**45**

**Secciones fijas**

Normativa, Noticias, Resumen XV Jornada de ASEFMA,  
Calendario, Lecturas recomendadas, I+D, Digitalización del  
Sector, Observatorio de Mercado, Afirmaciones Asfálticas

**53**

# RAP-5V

## Cómo de **sostenibles** son tus mezclas?

Rejuvenecedor líquido vegetal de nueva generación, diseñado para fabricar mezclas recicladas en caliente con RAP/ RAS en cantidades variables y utilizando el mismo ligante convencional 35/50 o 50/70.

Para cualquier información adicional, contactar con [asphalt@ravagochemicals.com](mailto:asphalt@ravagochemicals.com) o visitar nuestro sitio web: [www.ravagochemicals.com](http://www.ravagochemicals.com)



ravaso  
ASPHA

Your road to solution

# Mirando al futuro inmediato

En estos días toca hacer balance de lo sucedido en el año recién terminado. Es evidente que el año 2020 superó ampliamente cualquier pronóstico, incluso las valoraciones más negativas. Un año que será recordado por el inicio del COVID y por las consecuencias de la pandemia. No únicamente desde la óptica sanitaria, la más importante sin duda, sino también por las consecuencias económicas, sociales y políticas que ya son también motivo de preocupación.

Durante el año 2020 tuvimos que hacer frente a un sinfín de situaciones desconocidas, de enorme envergadura, y además hacerlo sin la experiencia que aportan las referencias simi-lares. Nada ha sido similar a 2020, por tanto, nada era de aplicación evidente al año 2020.

En este panorama comenzamos el año 2021. Un año más que se inicia cargado de incertidumbres y de inquietudes personales y sociales a nivel nacional e internacional. Hace unos días se han aprobado los Presupuestos Generales del Estado 2021 (PGE2021). El Presupuesto de 2021 recoge una inversión para conservación de las carreteras estatales de 1.240 millones, lo que supone un alza del 58% con respecto a los 785 millones anteriores, siendo además la primera vez en la historia que se destinará más a esta partida que a la construcción (989 millones).

En cualquier caso, el Presupuesto sigue siendo insuficiente. Desde Asefma se estima que la cifra anual de la que no se debería bajar es la de los 1.500 millones de euros anuales y además considerar una partida extraordinaria para ayudar a superar el desfase acumulado de casi 8.000 millones de euros en el refuerzo de firmes. Además, dentro de la partida para mantenimiento del Ministerio se incluyen aproximadamente 200 millones para amortizar la construcción y la financiación de las autovías de primera generación. De este modo, los 1.240 millones presupuestados se limitan en realidad a poco más de 1.000 millones. El valor de las carreteras del Estado, con una vida media de más de 20 años, alcanza los 115.000 millones, por lo que se destina a su conservación menos del 1%.

Indudablemente, uno de los alicientes dentro de estos PGE 2021 es el llamado Plan "Next Generation EU", basado en tres pilares:

- Instrumentos para apoyar los esfuerzos de los Estados miembros por recuperarse, reparar los daños y salir reforzados de la crisis.
- Medidas para impulsar la inversión privada y apoyar a las empresas en dificultades.
- Refuerzo de los programas clave de la UE para extraer las enseñanzas de la crisis, hacer que el mercado único sea más fuerte y resiliente, y acelerar la doble transición ecológica y digital

Dicho todo esto que parece muy positivo, urge que se visualice al sector de la pavimentación como un actor imprescindible para cumplir los compromisos de emisiones en Europa. Basta recordar que más del 25% de las emisiones actuales de gases de efecto invernadero (GEI) en los países europeos proceden del transporte por carretera, el único que ha funcionado perfectamente durante la crisis COVID. Actuar sobre la regularidad superficial del pavimento de nuestras carreteras y mejorar las condiciones de rodadura reducen de manera muy sustancial (hasta el 12%) no sólo el consumo de combustible sino las emisiones asociadas de los vehículos que circulan por ellas.

Asefma y la Dirección General de Carreteras MITMA lanzaron muy oportunamente en el año 2020, en enero, el Proyecto EMIPAV, <https://www.emipav.eu>, que pone el foco en este aspecto fundamental, la vinculación del estado de conservación de las carreteras con las emisiones asociadas por los vehículos que transitan por ellas.

En este entorno tan complejo se abre la oportunidad de que el sector de la pavimentación sea un actor imprescindible para satisfacer los compromisos ambientales y pueda colaborar de forma activa para reforzar los pilares básicos que sustentan la iniciativa "Next Generation UE". Sin lugar a dudas una oportunidad que debemos saber aprovechar. El año 2021 debería ser muy diferente al 2020.

# SMOPYC

2021

**17-20 NOV**  
ZARAGOZA (ESPAÑA/SPAIN)

18 SALÓN INTERNACIONAL DE MAQUINARIA DE  
OBRAS PÚBLICAS, CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

18 INTERNATIONAL SHOW OF PUBLIC WORKS,  
CONSTRUCTION AND MINING MACHINERY



## “La historia se repite”

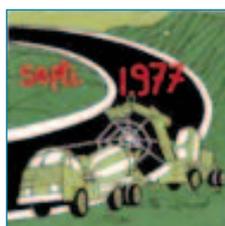


**José Antonio Soto**  
Miembro de la revista  
Asfalto y Pavimentación

 @soto228pepe

Escribir sobre carreteras desde la perspectiva de quien durante más de 47 años ha estado vinculado profesionalmente a este bendito tipo de obra civil, supone recordar vivencias y situaciones, a veces afortunadas y otras no tanto, que nos hicieron vibrar ante la impotencia de un fracaso o la satisfacción de un éxito.

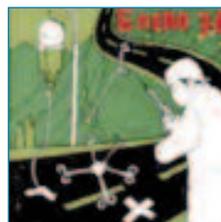
Aunque lo decepcionante en estos casos es volver la vista atrás y darnos cuenta que la historia se repite y como una imagen dice más que mil palabras me he apoyado en los textos y viñetas, publicadas en el boletín bimensual de PRO-AS principalmente entre los años 70 y 80. No necesitarían de ninguna aclaración ya que el resumen es el de siempre: los presupuestos para carreteras son siempre escasos, especialmente para la conservación. Porque si tuviéramos que recopilar lo escrito y dicho sobre la escasa inversión en la conservación de carreteras desde el año 2009 hasta hoy, colocando estas mismas viñetas, tendríamos el trabajo prácticamente hecho.



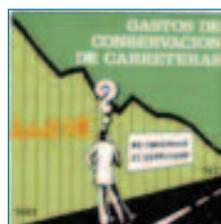
En cualquier caso daremos un repaso con algunas frases que se publicaron en esos viejos boletines y que los veteranos de la profesión vivimos en primera línea.

En la primera de ellas, 1977, se aprecia una hormigonera y una retro llenas de telarañas debido a su inactividad. El texto se hacía eco de la baja actividad durante el año, tanto en construcción como en la lánguida conservación de las carreteras, y que lo único que crece son los comentarios adversos de los que circulaban por ellas. Terminaba advirtiendo que de no conseguir una reactivación del sector, las consecuencias serían la quiebra de em-

presas y el aumento del paro.



La imagen de esta viñeta lo dice todo, un cirujano operando a una carretera que se encuentra en estado de shock. El mensaje que nos lanzaban, allá por el año 1978, era que las carreteras deberían tener una conservación preventiva, para no llegar a ese estado y necesitar una conservación curativa, que nunca pasa de ser un arreglo provisional y a la larga más costoso.



Esta otra, nos da idea de lo que ocurría hace 42 años con lo presupuestado para la conservación de carreteras. Creo que el gráfico podría ser idéntico al correspondiente a los últimos 12 años del siglo XXI. El espectador que lo observa parece que se pregunta el porqué de esta situación, teniendo en cuenta que, como bien dice la nota, “No conservar es derrochar”. Termina el comentario con la reflexión que se viene repitiendo desde entonces, “ los gastos de conservación no son aplazables si queremos evitar la degradación del capital fijo existente de nuestras carreteras”.



El comentario de ésta se iniciaba con el siguiente párrafo “Las carreteras de un país son como las arterias y las venas de un ser vivo. Son el sistema circulatorio por el que corren los fluidos vitales que hacen al conjunto del organismo activo y eficaz”. Sin embargo en ese año los presupuestos se redujeron a la mitad del año anterior por lo que el autor comentaba: “Que las carreteras continuarían degradándose, que muchas empresas constructoras quebrarían incrementando el número de parados, que cuando se pretenda restaurarlas, dentro de unos años, el gasto será infinitamente mayor, que aumentará la accidentalidad y todo esto a pesar que las autoridades del Ministerio de O.P., no lo ignoran”. Todo esto lo podríamos aplicar a nuestro tiem-

## “La historia se repite”

po, y especialmente en unas frases publicadas no hace mucho en una Tribuna de la revista Rutas, firmada por la Directora Técnica de la Dirección General de Carreteras en la que decía que, “Siempre hemos sabido que las carreteras, como las arterias, solo tienen sentido para que fluya la sangre que nos da la vida” y “La carretera es el elemento esencial en la economía de nuestro país y motor de desarrollo, pero en estos momentos, además salva vidas”. Vemos que se sigue pensando igual sobre la importancia de las carreteras y aunque estas frases son gratificantes y esperanzadoras no se está haciendo casi nada por remediarlo.



Termina el año 78 con la viñeta del Pregonero enviando el mensaje a los cuatro vientos de que “Nuestras carreteras están de pena...”. El autor nos lanzaba un mensaje de desaliento, por parte del sector, al tener que trabajar en ese ambiente de penuria. Sin embargo, al contrario de lo que ocurre actualmente, en esos años aquella penuria se reflejaba en un retraso técnico, cosa que hoy no está ocurriendo. Ahí están todos los avances conseguidos por las empresas y grupos de trabajo tanto en nuevos materiales como en maquinaria, en procesos y ensayos. Es por todo esto que no podemos caer en la desidia y retroceder en lo conseguido técnicamente.



Durante el año 79 la actividad en la construcción y conservación de carreteras fue tan baja que disminuyó en un 20% con respecto al año anterior. Resumía el autor que la red de carreteras llevaba años sometida a un desgaste cada vez más intenso y con unos gastos de conservación que han presentado cada año mayor déficit, respecto a lo necesario para conservar la red en unas condiciones aceptables, por lo que estamos llegando a una degradación progresiva de un capital que ya poseemos. Creo que si nos hubiésemos dejado la barba esperando unos presupuestos de conservación adecuados estaríamos como el señor de la viñeta.



En el interior del despacho, un secretario transmite la petición del Sr. Perogrullo, que continúa sentado en la sala de espera mientras le crece la barba, sobre que las carreteras nece-

sitan “más pasta para conservación”. La respuesta del “responsable” es muy triste.



Llegamos al año 1980 con los nuevos presupuestos sin ninguna esperanza de mejora, porque la experiencia nos dice que en época de dificultades económicas es bastante frecuente, en España, que uno de los capítulos en que antes se recortan las inversiones es en carreteras, lo que resulta un índice claro de subdesarrollo ya que continuará agravándose el estado de descapitalización de nuestra red de manera doblemente acelerada.

¡Ojala tengamos pronto que buscar un nuevo tema del que hablar, y dejar de pedir limosna para las carreteras, porque de éste ya se esté ocupando alguien con más medios!



En la tribuna del nº 32 de esta revista, correspondiente al primer trimestre de 2019, la iniciábamos con la noticia aparecida en prensa de que el Mº de Fomento preparaba un plan decenal de carreteras. La misma noticia aparecía en 1980 y espero que no con los mismos resultados. Hoy tenemos una red que exige una actuación enérgica e inmediata, como también se decía entonces. Felizmente, en las últimas semanas se ha presentado un Plan de quienes realmente tienen datos del estado real de las carreteras, la AEC, en donde, con una inversión de 32.000 millones de euros, pueden crear 1 millón de puestos de trabajo amén de restaurar nuestra red. Esperemos que esto les haga recapacitar.



Muy significativa la viñeta en donde “la lentitud de una tortuga”, se asemeja a lo que está ocurriendo con los presupuestos para conservación de carreteras en este país. Todo el mundo habla sobre lo mal que están, que precisan una conservación porque si no el coste de la reparación será infinitamente superior, que su mal estado causa una mayor emisión de CO<sub>2</sub>, que con una conservación disminuiría la accidentalidad, que las carreteras son un elemento esencial en la economía de un país y a pesar de todos estos reconocimientos las estamos dejando morir antes de llegar a urgencias. Es más, siempre nos acordamos de ellas cuando por ejemplo, después de unas inundaciones, se

precisa realizar obras de emergencia, imprescindibles y necesarias, pero quizás, los responsables de esas carreteras podrían haber minimizado esos daños con una planificación adecuada de necesidades, tanto en el trazado como en los firmes con las correspondientes y adecuadas obras de drenaje.

Hemos dado un repaso a lo que pasaba en nuestras carreteras hace 40 años y tristemente llegamos a la conclusión que hemos aprendido muy poco. En el caso de la red española volvemos a caer en los mismos errores con el agravante que en estos momentos, siendo como somos una potencia tecnológica en todo lo relacionado con las carreteras, ya que poseemos grandes conocimientos en ligantes bituminosos, que dominamos las técnicas de reciclado de pavimentos, así como las mezclas a menor temperatura, semicalientes, templadas y en frío, también hemos avanzado mucho en el aprovechamiento de residuos como las mezclas con NFUs, nuestras empresas del sector disponen de un parque de maquinaria puntero, nuestras universidades han creado equipos perfectamente preparados para el desarrollo de nuevas mezclas bituminosas y las asociaciones del sector han realizado una gran labor con la convocatoria de Congresos, publicaciones técnicas e informativas, y su gran apuesta por la tecnología digital. En definitiva, estas y otras muchas ra-

zones, nos ha llevado a ser un referente a nivel mundial y sin embargo, como ya hemos comentado, nuestras carreteras se mueren.

Dicho esto, con satisfacción pero también con cierta tristeza, la pregunta es ¿por qué hemos llegado a esta situación? Es difícil encontrar una sola razón porque no la hay, creo que, como en la escuela a los malos alumnos se les envía al “rincón de pensar”, es el momento de enviarnos a TODOS los que de alguna forma más o menos relevante hemos tenido algo que ver con esta situación sin haber levantado la voz de una manera contundente, a ese Rincón pues lo tenemos merecido.

Las carreteras se merecen una “**pensada**” por parte de todos y puesto que ellas no pueden manifestarse ante el Congreso pidiendo mejorar su situación, quizás habría que transmitir a la ciudadanía, pues al fin y al cabo son los usuarios directos, que una petición en este sentido es tan importante como cualquier otro servicio esencial.



# asefma

“reforzamos el firme, consolidamos el futuro”  
“by reinforcing pavements, we guarantee the future”

## Digital impact of @asefma\_es through Twitter, Facebook, Instagram and LinkedIn social networks

- More than 26,000 messages sent
- More than 18,000 engaged followers
- More than 1,000,000 reactions



## Últimas monografías publicadas Most recent monographs



Asefma is promotor of the International Road Maintenance Day (IRMD)

[www.roadmaintenanceday.org](http://www.roadmaintenanceday.org)

## Catálogo de Capacidades Técnicas

Catalogue of Technical Capacities



Síguenos en: / Follow us on:

@asefma\_es

@asefma

@asefma

company/asefma

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

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS OF ASPHALT MIXES

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

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

# ¿A qué huelen las nieves?



**Andrés Pérez de Lema**  
 Editor Revista  
 Asfalto y Pavimentación  
 @andresperezlema

La ola de frío y nieve nos vino a recordar lo frágiles y vulnerables que somos.

Nos dimos cuenta, casi sin quererlo, que el motor de toda la sociedad son las carreteras y que dicho elemento, en su humilde, sufrido y sordo servicio diario nos sirve de columna vertebral sobre la que descansa todo.

Es como nuestro sistema circulatorio y respiratorio, la falta de movilidad congestiona y colapsa nuestro modo de vida.

No veo calles, veo venas, arterias. No veo carreteras, veo músculos. No veo movilidad, veo pulmones que aportan oxígeno.

De repente, caímos en la cuenta que nuestros supermercados se abastecen por carretera, las vacunas de la COVID llegan por carretera, las personas que se caen en el hielo y se rompen huesos, van a los hospitales por carretera, las personas acuden a muchos trabajos por carretera, llevan a sus hijos a los colegios por carretera, nuestras basuras se las llevan por carretera, los carteros y la paquetería vienen por las carreteras.

¿Qué más tiene que pasar para que nos rindamos a la evidencia y brindemos el tributo que merece nuestro mejor patrimonio con los recursos que merece?

Me sorprendió, lo tengo que reconocer, la absoluta falta de interés en los medios por los problemas y retrasos ocasionados con la alta velocidad durante la nevada. Luego reflexioné al respecto y al cabo caí en la lógica de tanta indiferencia. Y es que sin AVE la vida sigue, nada se para. No deja de llegar comida a los hogares, ni dejan de atenderse a

los enfermos.

Ahí está la diferencia, el valor, el mérito, la utilidad. No te pido que me lo mejores, iguálame!

Iguálame en recursos, iguálame en seguridad, iguálame en inversión.

Por desgracia, para cuando esta modesta tribuna vea la luz, ya habrá pasado el tiempo suficiente como para que los estragos de Filomena los podamos comentar como una experiencia superada. Pero yo no, yo nunca olvidaré esos días en los que el asfalto me enseñó hasta que punto no valoraba lo que me había sido dado y descuidado.



**constru**yes!  
Green Challenge

**IV Congreso de Innovación Tecnológica** en Construcción y Maquinaria

# La transición ECOLÓGICA en el sector de la Construcción

**26-27  
MAY  
2021**

Streaming edition

Inscripciones online y más información en  [www.construyes.technology](http://www.construyes.technology) 

Organiza:

Colabora:



# Innovacarretera 2020: innovación en tiempo de pandemia



Innovacarretera, desde su primera edición celebrada en 2011, ha sido un evento enfocado primordialmente a la innovación, entendiendo por innovación todo aquello que facilita la llegada al mercado de productos y tecnologías desarrollados por empresas, universidades y centros tecnológicos.

Este modelo de evento hace que la interacción entre los diversos actores que componen el mundo de la ciencia, ad-



ministraciones públicas y empresas sea un elemento fundamental. La llegada de la pandemia de la COVID-19 supuso un reto para la organización de Innovacarretera al no hacer viable la celebración de un evento de modo presencial.

Por otro lado, los formatos de eventos digitales basados en un seminario web adolecen de la posibilidad de facilitar la interlocución entre los asistentes. Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el comité organizador de Innovacarretera 2020 tomó la decisión de realizar el evento con un formato virtual 3D, modelo en el que los asistentes pueden conversar en directo y hay una gran facilidad para mostrar medios audiovisuales de muy diversos formatos: videos, presentaciones, imágenes, archivos pdf etc.

Además del novedoso formato empleado, el segundo elemento a destacar han sido los contenidos. Innovacarretera siempre ha tenido a gala incluir en las presentaciones y mesas redondas temas muy actuales relacionados con la tec-



## Innovacarretera 2020: innovación en tiempo de pandemia

nología. Además, en esta edición ha habido una participación muy destacable de diversas administraciones públicas que están promoviendo la innovación a través de iniciativas como compra pública innovadora, contratación pública ecológica, lanzamiento de convocatorias de I+D+i.

Así, temáticas como carretera conectada, electrificación de las infraestructuras viarias, ciberseguridad o digitalización han tenido cabida en el programa. Posiblemente el mayor cambio en los contenidos respecto a ediciones anteriores de Innovacarretera ha sido la gran cantidad de tiempo dedicado al análisis de la I+D+i y al desarrollo de estrategias y medidas de promoción de la innovación. Podemos decir que existe un interés claro no solo en la tecnología sino en cómo se puede favorecer el uso de la tecnología innovadora. Este interés, como ya se ha citado anteriormente, no solo proviene del mundo de la empresa o de la universidad sino de los propios clientes (administraciones públicas), lo que marca un claro cambio de orientación en el sector. Podemos afirmar que la concepción de la innovación como un reto que nos afecta a todos es ya una realidad.

Durante el evento tuvo lugar la presentación del estudio sobre inversión en I+D+i llevado a cabo por PTCarretera y que supone el punto de referencia sectorial para desarrollar

actividades de I+D+i.

Otros elementos destacables han sido la participación de ponentes de otras zonas geográficas, especialmente de América lo que ha permitido tener una visión complementaria sobre cómo se está llevando a cabo el desarrollo e implantación de tecnologías innovadoras.

Una última reseña debe ir dedicada a los proyectos de I+D+i: Innovacarretera siempre habilita un espacio para que los investigadores puedan mostrar sus desarrollos más recientes y que puedan comunicarse con los asistentes. En esta edición virtual, la existencia de una zona de e-posters permitió este contacto, mitigando las limitaciones que ha supuesto la falta de un evento presencial.

Como resumen y conclusión, puede decirse que, si bien la pandemia ha obligado a un cambio en los métodos para organizar eventos, esta necesidad de cambio también ha generado una experiencia que perdurará, incluso, cuando la pandemia sea un vago recuerdo en nuestras mentes.

NOTA: Todas las presentaciones de Innovacarretera 2020 están disponibles a través del siguiente enlace. <https://www.ptcarretera.es/innovacarretera-2/innovacarretera-2020/>

# Interfases bituminosas mejoradas para la durabilidad de los firmes: Tensiones máximas, tiempo de carga y velocidad de cizalla

Jorge Ortiz Ripoll,  
jortiz@arno.es  
Xavier Crisén Grau,

Julia Giralt Lladanosa

BENITO ARNÓ E HIJOS,  
www.arno.es

Las interfases bituminosas son planos de debilidad cuyo comportamiento afecta a la durabilidad del conjunto del firme: además de presentar una resistencia máxima a cortante inferior a la que se tiene en el seno de las propias capas de mezcla bituminosa, también es menor su rigidez a cortante. Esta última propiedad, y su dependencia de las características del riego de adherencia, está siendo objeto de estudio en el marco del proyecto de investigación SUPERBIT.

Es bien sabido que el despegue de las capas bituminosas que constituyen un firme da lugar a redistribuciones de tensiones que pueden conducir a sollicitaciones muy superiores a las de cálculo, acelerando la fisuración y agotamiento por fatiga de las capas despegadas. Sin embargo, incluso antes de que se produzca cualquier despegue, el estado tensional del firme está afectado por la rigidez de la interfase. A causa de su naturaleza viscoelástica, la rigidez de la interfase depende de los tiempos de carga y de la velocidad a que se ejerce la cizalla de la interfase y, por ello, debe medirse en condiciones que simulen con la mejor aproximación las que realmente se dan en los firmes.

En la presente comunicación se presentan los resultados de los cálculos realizados para efectuar esta aproximación, así como los obtenidos con ensayos de corte sobre testigos extraídos de un tramo experimental. Con el proyecto de investigación SUPERBIT se pretenden desarrollar nuevas soluciones para obtener riegos de adherencia más efectivos desde el punto de vista de la durabilidad de los firmes, también mientras las capas permanecen adheridas, que aseguren la integridad de la película de ligante residual, y la ausencia de cualquier tipo de contaminación en la obra o en su entorno.

**Palabras Clave:** Riego de adherencia, interfases bituminosas, pegada, despegada, resistencia, rigidez, tensión cortante, velocidad de cizalla.

Bituminous interfaces are planes of weakness whose behaviour affects the durability of the whole of the firm: in addition to presenting a maximum shear resistance lower than that found within the layers of bituminous mixture, its shear stiffness is also lower. This latter property, and its dependence on the characteristics of the tack coat, is being studied in the framework of the SUPERBIT research project.

It is well known that the debonding take-off of the bituminous layers that constitute a firm results in redistributions of stresses that can lead to sollicitations far superior to those of calculation, accelerating the fatigue cracking failure of the debonded layers. However, even before any debonding occurs, the pavement stress is affected by the rigidity of the interface. Because of its visco-elastic nature, the rigidity of the interface depends on the loading times and the shear speed and, therefore, must be measured under conditions that simulate with the best approximation those that really take place in the firm.

# Interfases bituminosas mejoradas para la durabilidad de los firmes: Tensiones máximas, tiempo de carga y velocidad de cizalla

This article presents the results of the calculations made trying to do this approximation, and results obtained with shear tests of cores from a full-scale field experiment. The SUPERBIT research project aims to develop new solutions to obtain more effective tack coats from the perspective of the pavement durability, also while the layers remain adhered, ensuring the integrity of the residual binder film, and the absence of any type of contamination around the work site.

**Keywords:** Tack coat, bituminous interfaces, bonded, debonded, strength, rigidity, shear stress, shear speed.

## 1. INTRODUCCIÓN

La elección de los sistemas de adherencia más efectivos requiere establecer criterios tanto en relación con los procedimientos de ensayo como en cuanto a los valores de las tensiones de cálculo. Con el proyecto de investigación SUPERBIT, en cuyo marco se desarrollan los presentes estudios, se pretenden obtener interfases de elevada resistencia máxima a cortante y más rígidas que las interfases convencionales, con objeto de mejorar el estado tensional del conjunto del firme. Además, con la colaboración de la UPC se está poniendo a punto un ensayo de fatiga a cortante que debe servir para prevenir que las nuevas interfases más rígidas puedan comprometer su propia durabilidad.

Para caracterizar interfases reales, cuya respuesta es intermedia entre las correspondientes a las interfases ideales completamente adheridas o totalmente despegadas habitualmente consideradas en los cálculos, se ha recurrido al modelo de Uzan et al. (1978) quienes propusieron describir su comporta-

$$\tau = K \Delta u$$

miento mediante la ecuación constitutiva de Goodman :

donde:

$\tau$  es la tensión de corte en la interfase

$\Delta u$  el desplazamiento horizontal relativo entre los bordes de la interfase

$K$  un coeficiente que denominaron Módulo de reacción horizontal de la interfase

Es sencillo comprobar que  $K$  puede interpretarse como un parámetro derivado del módulo de elasticidad transversal ( $G$ ) de una interfase de espesor finito ( $h$ ), mediante la ecuación que relaciona la tensión cortante ( $\tau$ ) y la deformación a cortante ( $\gamma$ ) en un material elástico, puesto que:

$$\tau = G\gamma = G \frac{\Delta u}{h}$$

y, por tanto

$$K = \frac{\tau}{\Delta u} = \frac{G}{h}$$

lo que permite entender  $K$  como cociente entre el módulo de elasticidad transversal y el espesor de la interfase, con dimensiones de tensión por longitud o  $FL^{-3}$ .

El valor de  $K$  puede obtenerse experimentalmente mediante ensayos de corte como los previstos en la norma NLT-382 puesto que, por definición, es la pendiente de la recta tensión-desplazamiento en un gráfico como el representado en la figura 1, que corresponde al modelo propuesto por Romanoschi (1999).

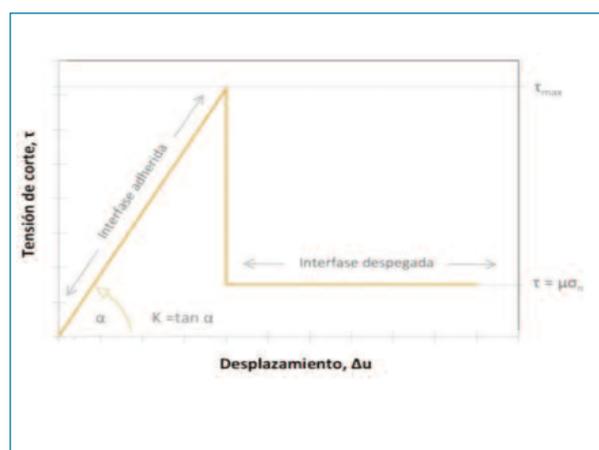


Figura 1. Modelo constitutivo de Romanoschi, (1999).

La aproximación empírica al valor de  $K$ , sin embargo, es algo más compleja de lo que puede deducirse del modelo indicado: en ensayos reales la pendiente de la curva tensión-desplazamiento varía con la tensión lo que obliga a elegir el nivel de

carga al que se debe medir la tangente (figura 2).

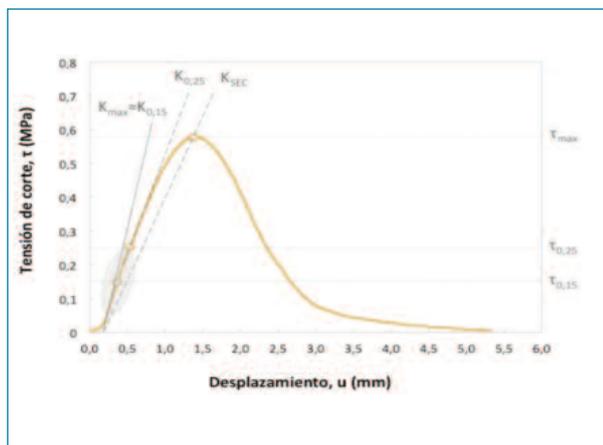


Figura 2. Curva tensión-desplazamiento en el ensayo de corte simple NLT-382

Por otra parte, la naturaleza viscoelástica de la interfase le confiere una respuesta tenso-deformacional que depende de la temperatura y del tiempo de carga (o de la velocidad de cizalla, en un ensayo de fluencia como NLT-382). Por tanto, para obtener aproximaciones realistas tanto a los valores de  $\tau_{max}$  (resistencia máxima a cortante) como de  $K$  (módulo de reacción horizontal) es preciso simular adecuadamente los tiempos de carga propios de las acciones del tráfico.

También interesa determinar el valor de las sollicitaciones reales para conocer cuál es la resistencia máxima necesaria y para establecer las sollicitaciones que han de utilizarse en ensayos dinámicos de fatiga. Por último, importa correlacionar los resultados de ensayos monotónicos, como el ensayo de corte NLT-382, con los obtenidos de ensayos dinámicos. Una correlación así facilitaría notablemente valorar la calidad del sistema de adherencia, además de en función de su resistencia máxima, según su durabilidad y sus efectos sobre la distribución de tensiones en el conjunto del firme.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con la exposición anterior, las actividades que constituyen esta fase del proyecto de investigación SUPERBIT se han dirigido a los siguientes objetivos:

1. Cálculo de las máximas tensiones de corte a que puede hallarse sometida la primera interfase bituminosa de un firme bajo las acciones del tráfico y estimación de las tensiones de corte de cálculo en la determinación de su vida

a fatiga a cortante. Estimación de la eventual contribución de las tensiones térmicas a las máximas tensiones de corte calculadas.

2. Cálculo de los desplazamientos relativos entre las superficies unidas por el riego de adherencia y de los tiempos de carga correspondientes para determinar las velocidades de desplazamiento más adecuadas en ensayos de corte monotónicos como NLT-382, o las frecuencias y niveles de sollicitación en ensayos dinámicos.

3. Obtención de la resistencia máxima a cortante y del módulo de reacción horizontal en ensayos de laboratorio realizados sobre testigos, bajo condiciones deducidas de los anteriores cálculos; revisión de las hipótesis utilizadas en los cálculos y adopción de eventuales ajustes para completar la aproximación empírica.

Los cálculos realizados se han referido a un sistema multicapa elástico, que posee la configuración y propiedades siguientes:

- Está compuesto por capas horizontales de espesor uniforme, asentadas sobre un macizo semi-infinito,
- El material de cada capa, que se extienden indefinidamente en dirección horizontal, es homogéneo e isótropo,
- Todos materiales son elásticos, con una relación tensión-deformación lineal, cuya respuesta depende de su módulo de Young y de su coeficiente de Poisson, y del módulo de reacción horizontal de las interfases.

Se ha recurrido al conocido programa de cálculo analítico de firmes BISAR (Schell, 1998), que ofrece la posibilidad de caracterizar la respuesta de uniones entre capas parcialmente adheridas por medio del parámetro  $AK$ , o capacitancia elástica a cortante (shear spring compliance), definida como

$$AK = \frac{\Delta u}{\tau}$$

$AK$  es el inverso del módulo de reacción horizontal  $K$  y, por tanto, BISAR es particularmente útil para distinguir los efectos de distintas interfases según los valores de  $K$  obtenidos en ensayos de corte.

Para simular la presión ejercida por una rueda de un eje tridem, se han utilizado 50 cargas circulares uniformemente distribuidas situadas según han sido representadas en la figura 1 (derecha). A la izquierda de la misma figura 1 puede verse la

## Interfases bituminosas mejoradas para la durabilidad de los firmes: Tensiones máximas, tiempo de carga y velocidad de cizalla

impronta de un neumático 385/65R/22,5 cargado con 49 kN, obtenida por los autores. La carga cuasi-rectangular de cálculo tiene, muy aproximadamente, la misma superficie total (58.425 mm<sup>2</sup>) y la misma superficie de contacto (un 77% de la superficie total) que un neumático real, superficies a las que corresponden presiones de contacto de 0,84 y 1,09 MPa, respectivamente.

En la Tabla 1 se describe la sección de firme estudiada: es la denominada T121 en la Instrucción de carreteras 6.1 IC a la que se ha superpuesto una capa de refuerzo de espesor variable. Este espesor, junto con el módulo de elasticidad de la propia capa, el módulo de reacción horizontal de la interfase y las hipótesis de carga indicadas, completan las variables objeto de análisis.

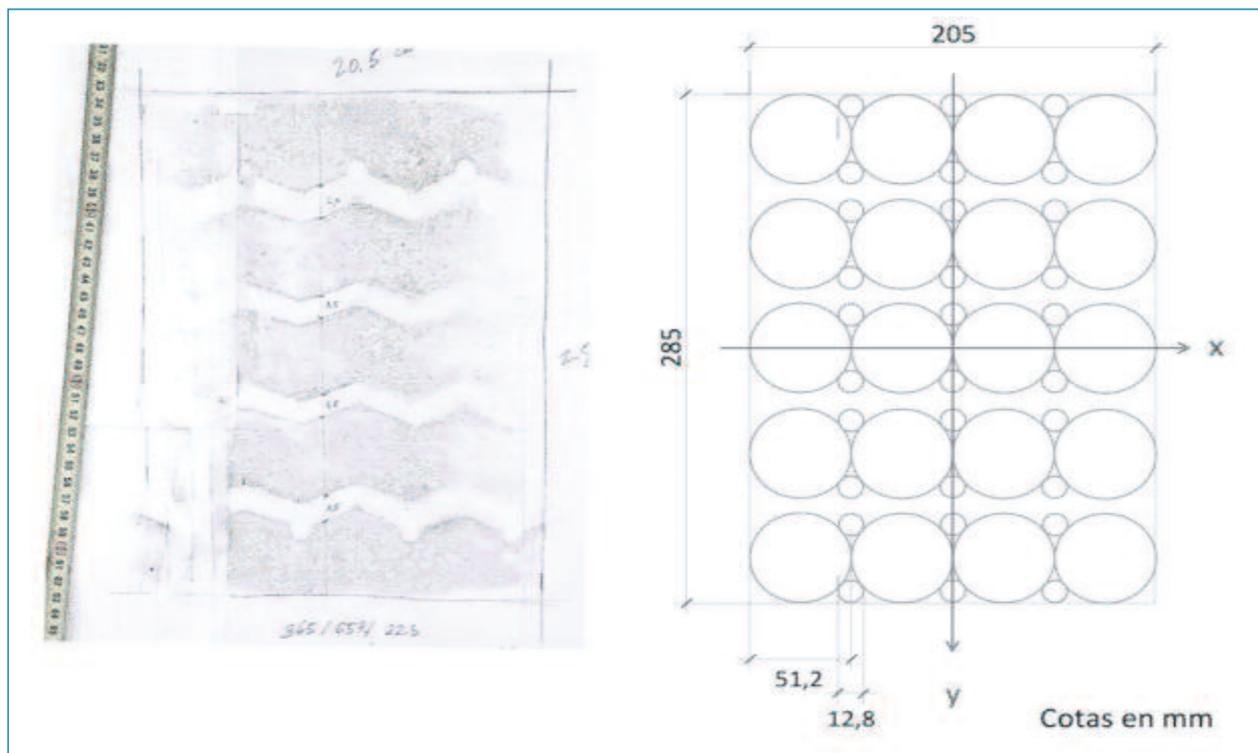


Figura 3. Impronta de un neumático de un eje tridem cargado con 49 kN (izquierda) y cargas circulares utilizadas en BISAR (derecha). El eje x señala el sentido de avance.

Se han considerado tres hipótesis de carga: la correspondiente a una fuerza vertical total de la magnitud indicada ( $V=49$  kN), y dos combinaciones de fuerza vertical y horizontal, obtenidas con la misma fuerza vertical más fuerzas horizontales iguales al 55% y al 27,5% de la primera ( $V=49$  kN,  $H=27$  kN y  $V=49$  kN,  $H=13,5$  kN).

Finalmente, se han ensayado testigos extraídos de un tramo experimental construido en abril de 2018, mediante el dispositivo A previsto en la Norma NLT-382, a velocidades de cizalla de 2,5, 50, 100 y 200 mm/min para obtener sus resistencias máximas a cortante y sus módulos de reacción horizontal bajo esas tres distintas sollicitaciones.

Tabla 1. Definición del firme analizado

CAPA	ESPESOR	MÓDULO aso	C. POISSON	SOPORTE
Refuerzo	Variable	Variable	0,33	Variable
Rodadura existente	5 cm	6.000 MPa	0,33	Completa
Intermedia	10 cm	6.000 MPa	0,35	Completa
Base bituminosa	15 cm	5.000 MPa	0,35	Completa
Subbase granular	25 cm	360 MPa	0,35	Completa
Explanada	Indefinido	120 MPa	0,35	-

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Resultados de los cálculos

##### 3.1.1 Tensiones debidas a las cargas del tráfico

En el caso concreto de una capa de 6 cm de espesor, con un módulo de 6.000 MPa y para  $K=25$  MPa/mm, las tensiones de corte  $\bar{\sigma}_{zx}$  en la primera interfase varían como indican las curvas representadas en la figura 4, según la carga sea solamente vertical ( $V=49$  kN) o exista además una componente horizontal ( $Hx=0,55V$ ). Las máximas tensiones de corte aparecen bajo el centro de los bordes delantero y trasero de la huella en el primer caso y en el centro del borde delantero en el segundo. Modificando las hipótesis de carga puede comprobarse que solo bajo las capas de rodadura de menor espesor (comprendidos entre 2 y 3 cm) y en presencia de la máxima carga horizontal, el punto sometido a la mayor tensión cortante se retrasa unos 5 cm para situarse en una posición intermedia entre el centro y el borde delantero.

Suponiendo un respuesta predominantemente elástica y prescindiendo de efectos dinámicos, los pulsos de tensión  $\bar{\sigma}_{zx}$ , deformación  $\epsilon_{zx}$  y desplazamiento  $u_x$  adoptan la misma forma.

Así, la variación del desplazamiento relativo entre los bordes de la interfase en un punto situado bajo el centro de la rodada, al paso de un eje tridem circulando a 80 km/h, resultaría ser la representada en la figura 5.

El tiempo durante el cual se produce la mayor parte del desplazamiento puede tomarse como tiempo de carga ( $t_c$ ). A la velocidad de 80 km/h vale  $t_c=0,01$  s, aproximadamente bajo ambas hipótesis de carga. Este tiempo es independiente de la magnitud de las cargas y de las características del firme, con la salvedad citada de los espesores más reducidos y, sin duda, para interfases más profundas. Conocido el tiempo de carga, es inmediato obtener la velocidad de cizalla que, como el desplazamiento horizontal relativo entre los bordes de la interfase ( $\Delta u_x$ ) sí depende de la magnitud de las cargas vertical y horizontal, del espesor, módulo de Young y coeficiente de Poisson de las capas del firme, y del módulo de reacción horizontal de la

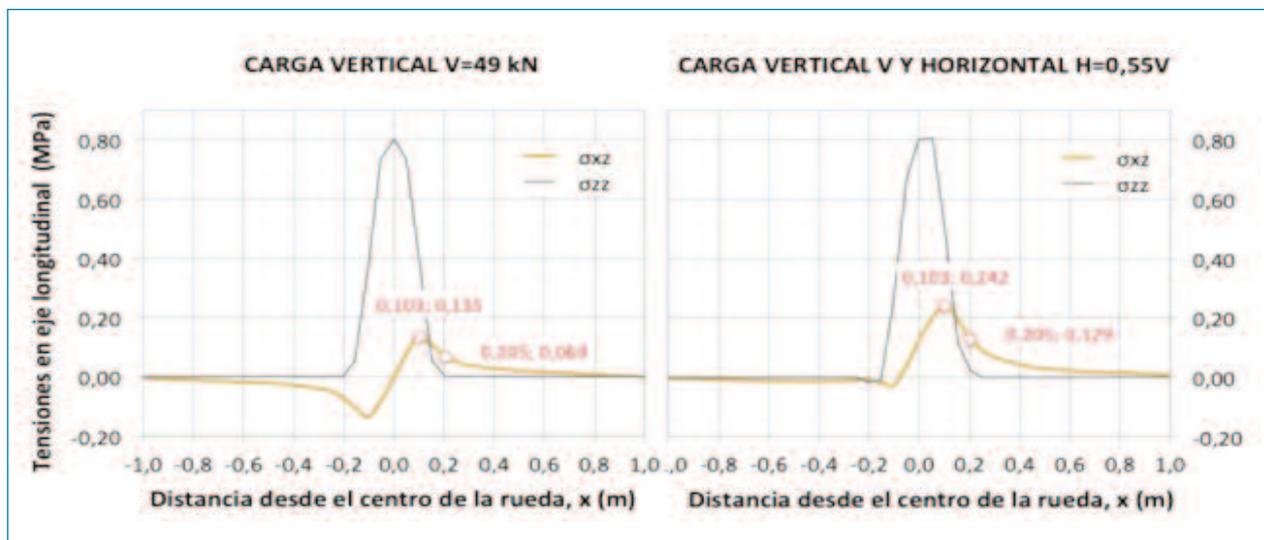


Figura 4. Tensiones en la interfase bajo el centro de la huella y según eje longitudinal

También se observa que las tensiones normales desaparecen en zonas donde aún se dan elevadas tensiones de corte (superiores al 50% de las tensiones máximas), dando lugar a otro punto crítico. De nuevo puede comprobarse que su posición apenas depende de las condiciones de carga y del espesor de capa, y que se sitúa muy próximo a  $x=0,205$  m.

interfase.

Los resultados de los cálculos realizados, para los valores extremos del módulo de reacción horizontal de la interfase  $K=\infty$  (adherencia perfecta) y  $K=0$  (capas completamente despegadas), y para tres valores intermedios  $K=1$ ,  $K=5$  y  $K=25$  MPa/mm se muestran en la Tabla 2, en función del espesor del refuerzo. La Tabla 3 recoge la influencia del módulo de Young

## Interfases bituminosas mejoradas para la durabilidad de los firmes: Tensiones máximas, tiempo de carga y velocidad de cizalla

de esa misma capa, cuando se hace variar entre  $E=2.000$  y  $E=8.000$  MPa manteniéndose constante el espesor de 5 cm. Finalmente, la Tabla 4 se refiere a los efectos de ambos factores (espesor y módulo de la capa superpuesta) cuando la carga horizontal equivale a un 50% de la carga horizontal usada en los cálculos anteriores.

Por último, se han calculado las tensiones de corte en  $x=0,205$  m, donde aparecen en combinación con tensiones normales nulas o muy bajas. En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos para módulos de reacción horizontal de la primera interfase  $K=25$  y  $K=5$  MPa/mm, con una capa de refuerzo cuyo módulo de Young es  $E=6.000$  MPa y bajo las hipó-

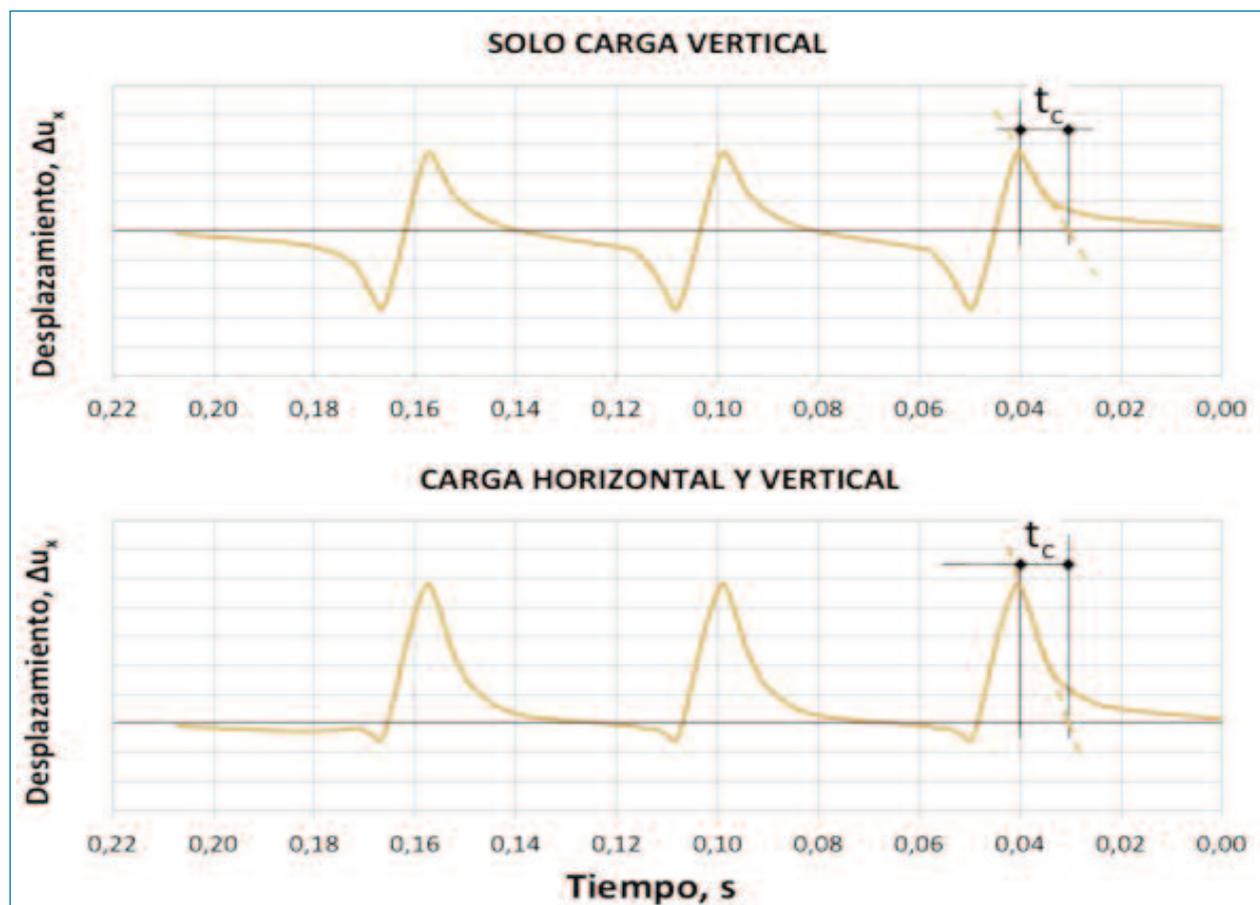


Figura 5. Variación del desplazamiento relativo  $\Delta u_x$  con el tiempo ( $v=80$  km/h)

En las figuras 6 y 7 puede encontrarse una representación gráfica de los mismos resultados, y de los correspondientes a la hipótesis de carga intermedia ( $H=0,55V/2$ ). Se supone que la hipótesis con solo carga vertical tiene interés desde el punto de vista del fallo por fatiga a cortante de la interfase. La existencia adicional de una carga horizontal equivalente a 0,55 veces la carga vertical da cuenta de las tensiones máximas que pueden aparecer muy ocasionalmente; por último, la combinación de carga vertical y carga horizontal más moderada (50% de la anterior) podría corresponder también a fallos por fatiga a cortante en aquellas zonas donde los esfuerzos transversales (de aceleración, frenado o en trayectorias curvas) sean de aparición frecuente.

tesis de carga indicadas. La figura 8 es una representación gráfica de dos de esas hipótesis de carga.

### 3.1.2 Tensiones térmicas

Las interfases bituminosas también pueden hallarse sometidas a tensiones térmicas, al menos en determinadas circunstancias. Por ejemplo, si existen dilataciones o retracciones diferenciales entre las capas que las limitan. En el presente epígrafe se ha tratado de hacer una estimación del posible alcance de este tipo de tensiones de corte, que en su caso, deberían sumarse a las tensiones de cálculo correspondientes a las acciones del tráfico.

Tabla 2. Resultados para un refuerzo de espesor variable y módulo E=6.000 MPa

SOLO FUERZA VERTICAL F=49 kN						FUERZA VERTICAL F=49 kN y HORIZONTAL H=0,55F					
<b>Cortante máximo MPa</b>						<b>Cortante máximo MPa</b>					
$\tau_{max}$	K, MPa/mm					$\tau_{max}$	K, MPa/mm				
e, cm	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0	e, cm	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0
2	0,304	0,114	0,043	0,012	0,000	2	0,510	0,289	0,175	0,074	0,000
4	0,276	0,130	0,050	0,013	0,000	4	0,435	0,261	0,134	0,050	0,000
5	0,266	0,133	0,052	0,014	0,000	5	0,408	0,248	0,123	0,045	0,000
6	0,256	0,133	0,052	0,014	0,000	6	0,383	0,235	0,115	0,040	0,000
8	0,234	0,129	0,052	0,014	0,000	8	0,335	0,193	0,099	0,034	0,000
<b>Desplazamiento relativo máximo, <math>\mu\text{m}</math></b>						<b>Desplazamiento relativo máximo, <math>\mu\text{m}</math></b>					
$\Delta u$	K, MPa/mm					$\Delta u$	K, MPa/mm				
e, cm	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0	e, cm	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0
2	0,000	4,54	8,60	11,93	15,16	2	0,000	11,56	35,02	74,72	242,44
4	0,000	5,21	9,96	13,48	16,30	4	0,000	10,44	26,69	50,05	145,64
5	0,000	5,32	10,30	13,92	16,67	5	0,000	9,92	24,66	44,61	115,39
6	0,000	5,31	10,45	14,17	16,89	6	0,000	9,38	22,91	40,45	100,19
8	0,000	5,14	10,33	14,15	16,85	8	0,000	7,73	19,90	34,21	79,86
<b>Velocidad de cizalla, mm/min para 80 km/h</b>						<b>Velocidad de cizalla, mm/min</b>					
v	K, MPa/mm					v	K, MPa/mm				
e, cm	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0	e, cm	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0
2	-	27	52	72	91	2	-	69	210	448	1455
4	-	31	60	81	98	4	-	63	160	300	874
5	-	32	62	84	100	5	-	59	148	268	692
6	-	32	63	85	101	6	-	56	137	243	601
8	-	31	62	85	101	8	-	46	119	205	479

Tabla 3. Resultados de los cálculos para una capa de refuerzo de diferentes módulos de Young y un espesor de 5 cm

SOLO FUERZA VERTICAL F=49 kN						FUERZA VERTICAL F=49 kN y HORIZONTAL H=0,55F					
<b>Cortante máximo MPa</b>						<b>Cortante máximo MPa</b>					
$\tau_{max}$	K, MPa/mm					$\tau_{max}$	K, MPa/mm				
M, GPa	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0	M, GPa	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0
2	0,246	0,149	0,068	0,020	0,000	2	0,431	0,318	0,193	0,084	0,000
4	0,260	0,139	0,056	0,016	0,000	4	0,420	0,275	0,147	0,056	0,000
6	0,266	0,133	0,052	0,014	0,000	6	0,408	0,248	0,123	0,045	0,000
8	0,268	0,129	0,049	0,013	0,000	8	0,395	0,229	0,109	0,038	0,000
10	0,268	0,126	0,047	0,012	0,000	10	0,384	0,214	0,098	0,033	0,000
<b>Desplazamiento relativo máximo, <math>\mu\text{m}</math></b>						<b>Desplazamiento relativo máximo, <math>\mu\text{m}</math></b>					
$\Delta u$	K, MPa/mm					$\Delta u$	K, MPa/mm				
M, GPa	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0	M, GPa	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0
2	0,00	5,95	13,65	20,11	25,48	2	0,00	12,70	38,51	84,04	326,25
4	0,00	5,56	11,25	15,57	18,96	4	0,00	10,99	29,31	56,41	168,24
6	0,00	5,32	10,30	13,92	16,67	6	0,00	9,92	24,66	44,61	115,39
8	0,00	5,16	9,75	13,03	15,45	8	0,00	9,15	21,73	37,78	88,87
10	0,00	5,04	9,38	12,45	14,66	10	0,00	8,57	19,68	33,25	72,93
<b>Velocidad de cizalla, mm/min para 80 km/h</b>						<b>Velocidad de cizalla, para 80 km/hmm/min</b>					
v	K, MPa/mm					v	K, MPa/mm				
M, GPa	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0	M, GPa	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0
2	-	36	82	121	153	2	-	76	231	504	1957
4	-	33	68	93	114	4	-	66	176	338	1009
6	-	32	62	84	100	6	-	59	148	268	692
8	-	31	58	78	93	8	-	55	130	227	533
10	-	30	56	75	88	10	-	51	118	200	438

La aparición de tensiones térmicas es más probable en tiempo frío y cuando se produzcan bruscas caídas de temperatura. Con temperaturas cálidas, incluso moderadamente frías, los prolongados tiempos de carga asociados a las solicita-

ciones de tipo térmico y la naturaleza visco-elástica de los materiales bituminosos permiten que se produzcan las deformaciones impuestas por los cambios de temperatura sin apenas modificar el estado tensional de las capas del firme. En gene-

## Interfases bituminosas mejoradas para la durabilidad de los firmes: Tensiones máximas, tiempo de carga y velocidad de cizalla

ral, se considera que puede prescindirse de valorar la presencia de tensiones térmicas cuando la temperatura de las capas bituminosas es superior a 6° C (Pszczola, 2012).

En la figura 6 se ha representado la geometría utilizada en los cálculos. Se ha supuesto que las dos capas bituminosas que limitan la interfase en estudio se comportan como losas de longitud l y que en un cierto tiempo t (tiempo de carga) su tempe-

Tabla 4. Resultados de los cálculos para una capa de refuerzo de diferentes espesores y módulos de Young cuando V=49 kN y H=0,55/2 V

FUERZA VERTICAL F=49 kN y HORIZONTAL H=0,55F/2						FUERZA VERTICAL F=49 kN y HORIZONTAL H=0,55F/2					
<b>Cortante máximo Mpa</b>						<b>Cortante máximo Mpa</b>					
$\tau_{max}$	K, MPa/mm					$\tau_{max}$	K, MPa/mm				
e, cm	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0	M, GPa	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0
2	0,407	0,201	0,109	0,043	0,000	2	0,338	0,233	0,130	0,052	0,000
4	0,355	0,196	0,092	0,032	0,000	4	0,340	0,207	0,101	0,036	0,000
5	0,337	0,191	0,087	0,029	0,000	6	0,337	0,191	0,087	0,029	0,000
6	0,319	0,184	0,083	0,027	0,000	8	0,332	0,179	0,079	0,025	0,000
8	0,285	0,161	0,076	0,024	0,000	10	0,326	0,170	0,073	0,023	0,000
<b>Desplazamiento relativo máximo, <math>u_{max}</math> <math>\mu</math>m</b>						<b>Desplazamiento relativo máximo, <math>\mu</math>m</b>					
$\Delta u$	K, MPa/mm					$\Delta u$	K, MPa/mm				
e, cm	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0	M, GPa	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0
2	0,000	8,053	21,810	43,324	128,798	2	0,00	9,32	26,08	52,08	175,86
4	0,000	7,820	18,324	31,769	80,969	4	0,00	8,27	20,28	35,99	93,60
5	0,000	7,619	17,476	29,267	66,029	6	0,00	7,62	17,48	29,27	66,03
6	0,000	7,348	16,679	27,310	58,538	8	0,00	7,16	15,74	25,41	52,16
8	0,000	6,437	15,114	24,178	48,354	10	0,00	6,80	14,53	22,85	43,80
<b>Velocidad de cizalla, mm/min</b>						<b>Velocidad de cizalla, mm/min</b>					
v	K, MPa/mm					v	K, MPa/mm				
e, cm	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0	M, GPa	K = ∞	K = 25	K = 5	K = 1	K = 0
2	-	48	131	260	773	2	-	56	87	174	586
4	-	47	110	191	486	4	-	50	68	120	312
5	-	46	105	176	396	6	-	46	58	98	220
6	-	44	100	164	351	8	-	43	52	85	174
8	-	39	91	145	290	10	-	41	48	76	146

De acuerdo con los modelos de respuesta utilizados en el presente estudio, el valor de las tensiones de corte en las interfases bituminosas es proporcional al desplazamiento relativo entre los bordes de la interfase:

$$\tau = K\Delta u$$

y, en consecuencia, pueden calcularse conociendo las dilataciones diferenciales entre el borde superior de la capa subyacente y el inferior de la capa superpuesta. Las mayores tensiones de corte en la interfase, como las tensiones normales en el seno de las capas del firme, aparecerán con las temperaturas más bajas y las variaciones súbitas de temperatura, puesto que el valor de módulo de reacción horizontal (K) aumenta cuando lo hace la velocidad de carga y se reduce la temperatura de la interfase.

ratura media varía de T0 a T1 (capa superior) y de T0 a T2 (capa inferior). Los dos bordes libres están constituidos por sendas fisuras virtuales, y allí es donde se producen los corrimiento máximos. Las deformaciones longitudinales pueden obtenerse mediante la expresión

$$\varepsilon = \alpha\Delta T$$

donde  $\alpha$  es el coeficiente de contracción térmica, que para las mezclas bituminosas habituales suele adoptar valores comprendidos entre 2,0 y 2,5  $\times 10^{-5}$  °C<sup>-1</sup> (Pszczola, 2012; Islam, 2015).

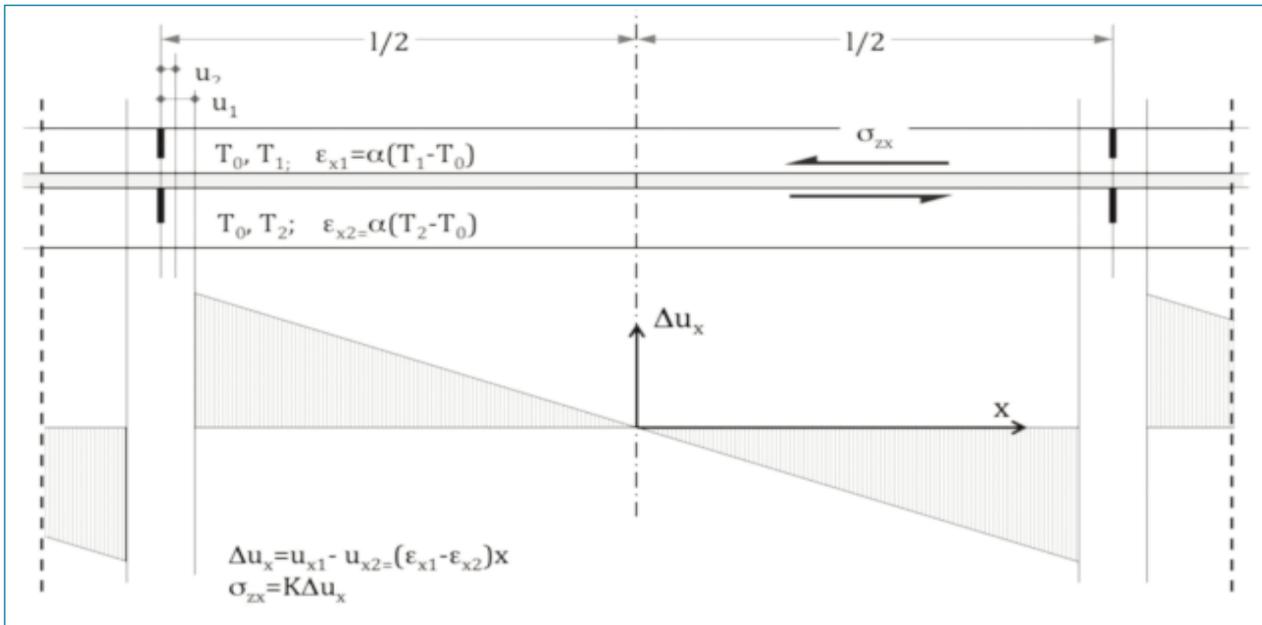


Figura 6. Tensiones de corte  $\sigma_{zx}$  de origen térmico en la interfase bituminosa

Suponiendo que cada capa sufre la contracción o dilatación térmica correspondiente a la variación de su temperatura media y que sus bordes se mantienen sensiblemente verticales, las máximas tensiones de corte longitudinales en la interfase pueden calcularse mediante la expresión:

$$\sigma_{zx} = \frac{1}{2} K \alpha (T_2 - T_1) l$$

El tiempo de carga asociado a la sollicitación de la interfase depende de la velocidad ( $V_T$ ) a la que varía la diferencia de temperaturas entre las dos capas bituminosas ( $T_2 - T_1$ ):

$$t = \frac{T_2 - T_1}{V_T}$$

y, junto con la temperatura de la interfase, determina el valor del módulo de reacción horizontal de la interfase ( $K$ ) que, según han mostrado diversos estudios (Diakhaté, 2007; Kim et al, 2013), satisface el principio de superposición tiempo-temperatura.

- El coeficiente de contracción o dilatación térmica de las capas bituminosas es de  $2,25 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .
- La temperatura inicial de las dos capas bituminosas ( $T_0$ ) es de  $-5 \text{ } ^\circ\text{C}$

- La diferencia máxima entre las temperaturas de las dos capas bituminosas ( $T_2 - T_1$ ) es de  $2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- La velocidad ( $V_T$ ) a la que se alcanza la diferencia de temperaturas indicadas es de  $5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{hora}$ . El tiempo de carga ( $t$ ) es, pues, de 24 minutos.
- El módulo de reacción horizontal de la interfase ( $K$ ) varía con la temperatura y el tiempo de carga como la resistencia máxima a cortante y de acuerdo con las predicciones de Canestrari et al. (2013). A las temperaturas y tiempos de carga considerados su valor es similar al que se obtiene a  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$  y  $1,25 \text{ mm}/\text{min}$  y, por tanto, cabe que se halle comprendido entre 0,5 y 1 MPa/mm.
- La longitud de las losas virtuales puede variar entre 6 y 9 m, es decir, según las distancias típicas de la aparición de la fisuración térmica a bajas temperaturas (Marasteanu et al., 2004).

En relación con las hipótesis establecidas cabe señalar que la relativa al tiempo de carga puede darse solo en situaciones excepcionales ya que la temperatura de los pavimentos bituminosos suele variar a velocidades más reducidas. La hipótesis relacionada con la verticalidad de los bordes libres de las capas durante sus movimientos de dilatación o contracción también debe valorarse como la opción más desfavorable: alternatively, es posible que las capas bituminosas se comporten como si estuvieran compuestas por láminas horizontales, deformándose cada una de ellas según su respectiva temperatura

## Interfases bituminosas mejoradas para la durabilidad de los firmes: Tensiones máximas, tiempo de carga y velocidad de cizalla

(variando con la distancia a la superficie). En consecuencia, los resultados obtenidos son, en todo caso, umbrales superiores

de las máximas tensiones cortantes de origen térmico a que pueden hallarse sometidas las interfases bituminosas y antes

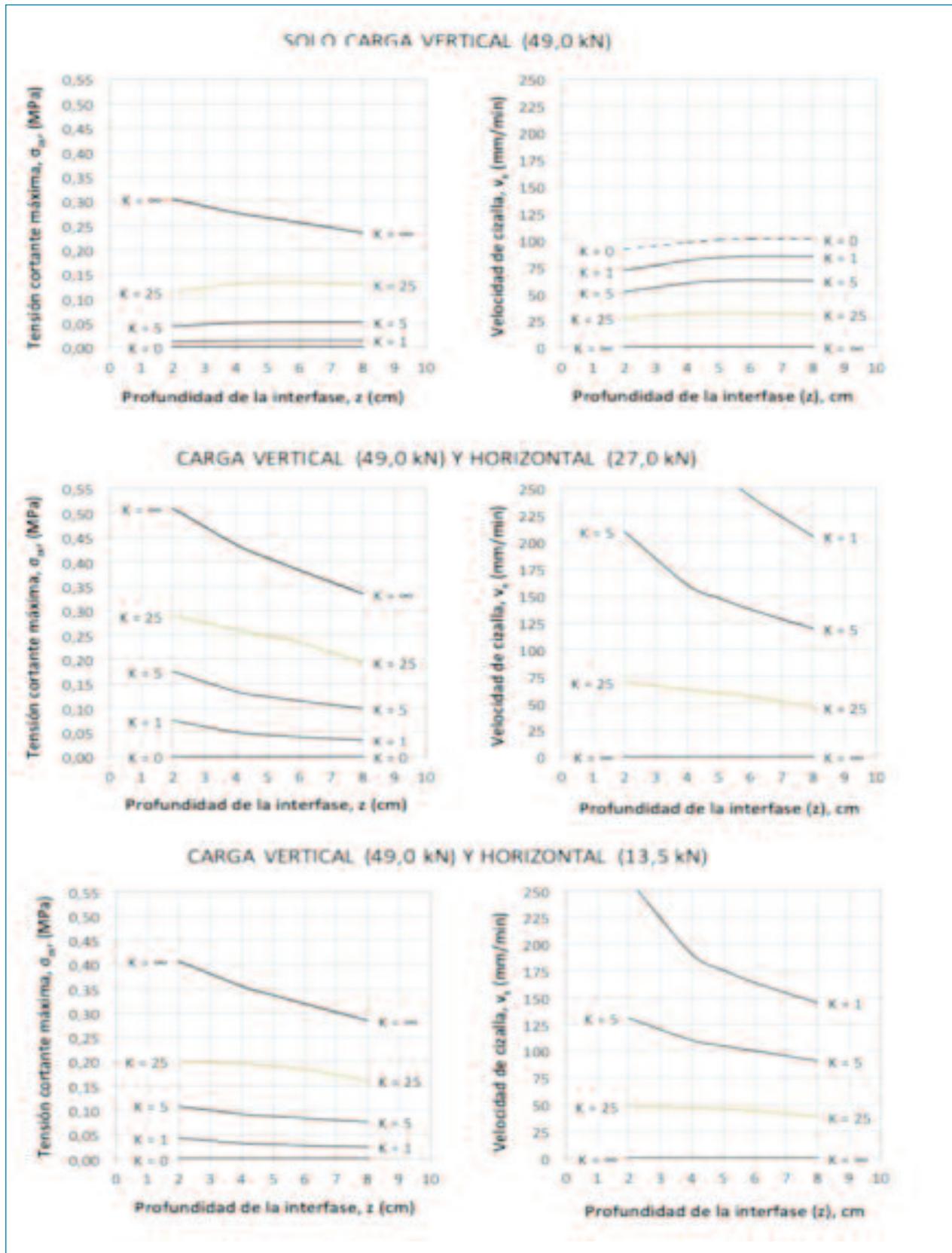


Figura 7. Tensión máxima ( $\sigma_{xy}$ ) y velocidad de carga ( $v_x$ ) según espesor del refuerzo

de que tengan efecto los fenómenos de relajación propios de los materiales viscoelásticos.

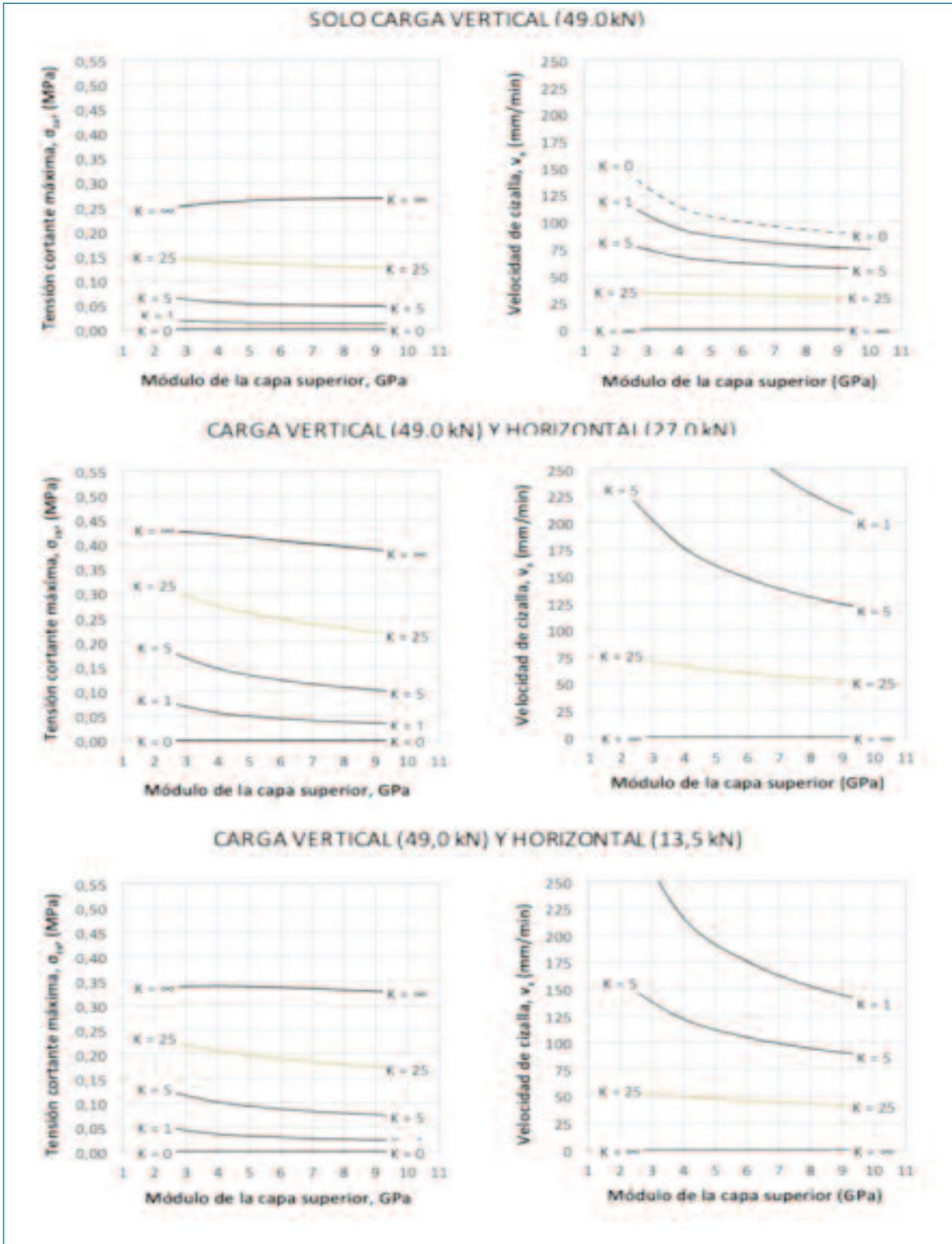


Figura 8. Tensión máxima ( $\sigma_{\text{max}}$ ), velocidad de carga y módulo de la capa de refuerzo

# Interfases bituminosas mejoradas para la durabilidad de los firmes: Tensiones máximas, tiempo de carga y velocidad de cizalla

Tabla 5. Tensiones de corte y normales en x=0,205 m

SOLO CARGA VERTICAL V=49 kN				CARGA VERTICAL y HORIZONTAL H=0,55V				CARGA VERTICAL y HORIZONTAL H=0,55V/2			
Tensión de corte en x=0,205 m (Mpa)				Tensión de corte en x=0,205 m (Mpa)				Tensión de corte en x=0,205 m (Mpa)			
$\tau_{x,205}$				$\tau_{max}$				$\tau_{max}$			
e, cm	K = 25	K = 5	K = 1	e, cm	K = 25	K = 5	K = 1	e, cm	K = 25	K = 5	K = 1
2	0,022	0,031	0,009	2	0,075	0,080	0,047	2	0,049	0,056	0,028
4	0,051	0,031	0,011	4	0,108	0,080	0,037	4	0,080	0,055	0,024
6	0,068	0,038	0,013	6	0,125	0,079	0,033	6	0,097	0,059	0,023
8	0,080	0,042	0,014	8	0,135	0,079	0,030	8	0,107	0,061	0,022
Tensión normal concomitante, MPa				Tensión normal concomitante, MPa				Tensión normal concomitante, MPa			
$\sigma_{zz,205}$				$\sigma_{zz,205}$				$\sigma_{zz,205}$			
e, cm	K = 25	K = 5	K = 1	e, cm	K = 25	K = 5	K = 1	e, cm	K = 25	K = 5	K = 1
2	-0,001	0,000	-0,001	2	0,005	0,002	0,000	2	0,002	0,001	-0,001
4	-0,003	-0,008	-0,009	4	0,005	-0,004	-0,007	4	0,001	-0,006	-0,008
6	0,002	-0,004	-0,004	6	0,021	0,012	0,010	6	0,012	0,004	0,003
8	0,018	0,016	0,036	8	0,049	0,045	0,046	8	0,033	0,031	0,041

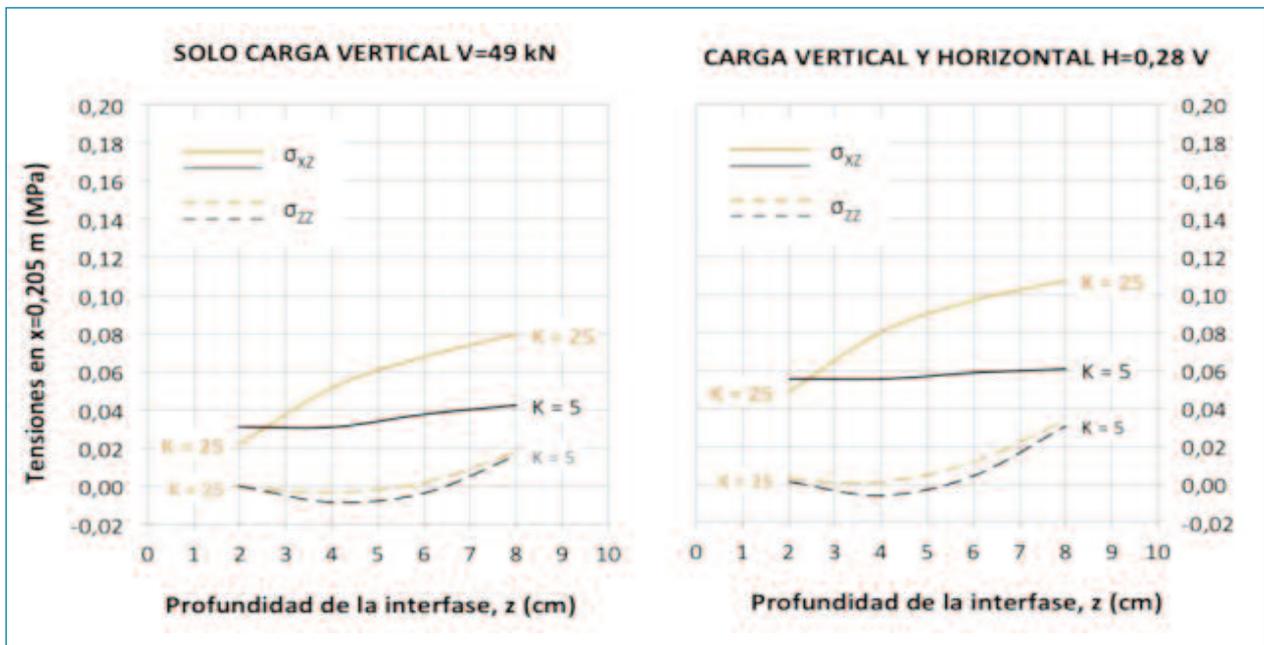


Figura 9. Tensión de corte y normales en x=0,205

Tabla 6. Tensiones cortantes de origen térmico en la interfase, bajo las hipótesis indicadas en 3.1.2

Longitud de las losas virtuales, m	6,00	6,00	9,00	9,00
Desplazamiento máximo, mm	0,14	0,14	0,20	0,20
Velocidad de deformación, 10 <sup>-3</sup> mm/min	5,83	5,83	8,33	8,33
Módulo de reacción horizontal, MPa/mm	0,50	1,00	0,50	1,00
Tensiones de corte máximas, MPa	0,07	0,14	0,10	0,20

### 3.2 Resultados de los ensayos

De acuerdo con los resultados de los cálculos expuestos, que indican el interés de elevar la velocidad de desplazamiento habitualmente utilizada en el ensayo de corte simple, se han ensayado testigos extraídos del mismo tramo experimental descrito por Ortiz et al. (2018) a velocidades de 2,5 y 50 mm/min.

En general, las curvas tensión-desplazamiento varían como indica la figura 10, obteniéndose resistencias máximas ( $\tau_{max}$ ) significativamente más elevadas, con desplazamientos hasta rotura ( $\Delta_{max}$ ) algo superiores y módulos de reacción horizontal (K) mayores.

En la Tabla 7 se han recopilado resultados de ensayos de

corte realizados a velocidades de 2,5 y 50 mm/min. La resistencia máxima ( $\tau_{max}$ ) varía entre 0,76 y 1,40 MPa a 2,5 mm/min y entre 1,45 y 2,55 a 50 mm/min. Los valores promedio de la resistencia máxima a cortante, en conjunto, satisfacen con buena aproximación la relación propuesta por Canestrari et al. (2013):

donde  $\tau_{vx}$  y  $\tau_{v1}$  son medidas a las velocidades  $v_x$  y  $v_1$ , res-

$$\tau_{vx} = \tau_{v1} \cdot \left(\frac{v_x}{v_1}\right)^{0,22}$$

pectivamente y según la cual las resistencias a cortante a 50 y 200 mm/min equivalen a 1,93 veces y 2,62 veces, respectivamente las obtenidas a 2,5 mm/min.

Cuando se modifica la velocidad de corte, los desplazamientos correspondientes a la tensión máxima ( $u_{max}$ ) se mantienen en valores próximos, lo que apunta que el módulo (de reacción horizontal) secante varia del mismo modo que la resistencia máxima a cortante. Sin embargo, la variación del módulo tangente ( $K_{max}$ ), que es el parámetro de interés, parece ser distinta en función de la serie estudiada y varía entre 1,05 y 2,12 MPa/mm a 2,5 m/min y 1,05 y 2,75 MPa/mm a 50

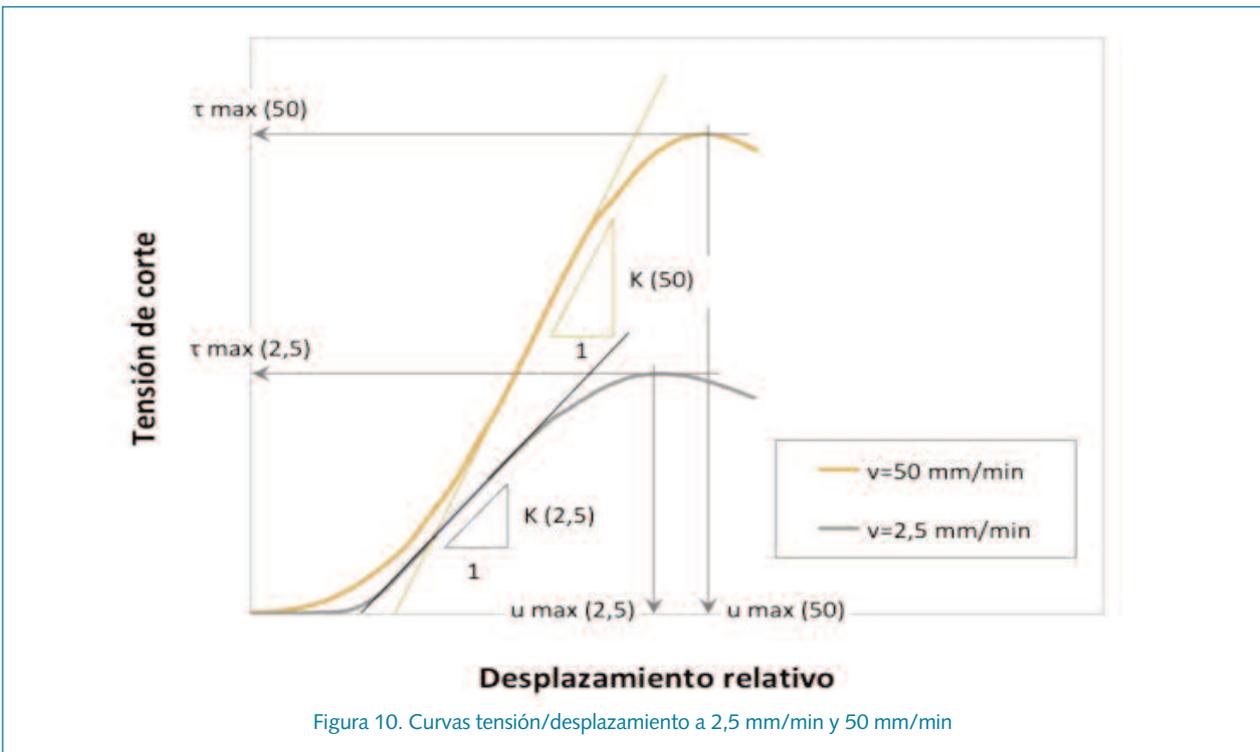


Tabla 7. Resultados de los ensayos de corte realizados a velocidades de desplazamiento de 2,5 mm/min (2,5) y 50 mm/min (50)

SERIE	$\tau_{max}$ (MPa)		$\Delta\tau_{max}$ (50)/(2,5)	$U_{max}$ (mm)			$K_{max}$ (MPa/mm)				
	2,5	50		2,5	50	(50)/(2,5)	2,5	50	(50)/(2,5)		
11	0,93	1,75	1,88	1,41	1,05	0,75	1,40	1,63	1,16		
13	0,76	1,45	1,92	0,93	1,00	1,07	1,03	1,05	1,02		
20	1,05	1,75	1,67	1,22	1,37	1,12	1,33	1,62	1,22		
21	0,92	2,12	2,32	1,13	-	-	1,33	-	-		
22	1,06	1,62	1,53	1,17	-	-	1,22	-	-		
23	0,99	1,48	1,50	0,96	-	-	2,12	-	-		
31	1,40	2,55	1,82	1,39	1,32	0,95	1,39	2,75	1,97		
	Media $\Delta\tau_{max}$ 50/2,5		1,80	Media $\Delta U_{max}$ 50/2,5			0,97	Media $\Delta K_{max}$ 50/2,5			1,34

## Interfases bituminosas mejoradas para la durabilidad de los firmes: Tensiones máximas, tiempo de carga y velocidad de cizalla

mm/min.

Para completar la aproximación empírica a los módulos de reacción horizontal que puedan encontrarse en interfases reales sometidas a la acción del tráfico falta valorar los efectos de las tensiones normales concomitantes que aparecen en los puntos más solicitados. En modelo de Romanoschi (Romanoschi, 1999) se postula que K es independiente de la tensión normal, sin embargo, Canestrari et al. (2013) encontraron que la resistencia máxima a cortante aumenta con la tensión normal de acuerdo con la expresión:

donde:

$$\tau_{\sigma n} = (1 + 0,38\sigma_n) \cdot \tau_{\sigma 0} + 0,74\sigma_n$$

$\tau_{\sigma n}$  es la resistencia a cortante en presencia de una tensión normal  $\sigma_n$  (MPa)

$\tau_{\sigma 0}$  es la resistencia a cortante en ausencia de tensión normal (MPa)

$\sigma_n$  es la tensión normal (MPa)

Sin embargo, y como sucede con la velocidad de cizalla, es poco probable que la eventual variación de K con la tensión normal pueda deducirse de la relación entre resistencias máximas a cortante. Estos efectos serán objeto de atención en próximas actividades del presente proyecto.

### 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados de los cálculos realizados con el programa BISAR, bajo las hipótesis descritas, indican que las tensiones de corte máxima causadas por una rueda de 49 kN, en ausencia de solicitaciones horizontales y para los valores de K más probables (comprendidos entre 1 y 25 MPa/mm) no alcanzan el va-

lor 0,14 MPa siendo, probablemente inferiores a 0,10 para cualquier combinación de espesor y módulo de la capa de refuerzo. En esas condiciones, las máximas tensiones cortantes que aparecen en puntos donde no existen tensiones normales de compresión son inferiores a 0,08 MPa.

En presencia de una fuerza horizontal equivalente a 0,55 veces la carga vertical, la tensión de corte máxima es siempre inferior a 0,55 MPa y probablemente inferior a 0,32 en casi cualquier circunstancia. Sin embargo, desde el punto de vista de la vida a fatiga a cortante de una interfase parece más adecuado considerar tensiones de corte inferiores a 0,23 MPa, correspondientes a solicitaciones horizontales menos extremas. Las máximas tensiones cortantes que aparecen en puntos donde no existen tensiones normales de compresión significativas son inferiores a 0,14 MPa y a 0,11 MPa si la solicitación horizontal es la mitad de la adoptada como solicitación máxima de cálculo. De nuevo, este nivel de tensión parece más apropiado para evaluar la vida a fatiga a cortante de una interfase.

Por otra parte, los cálculos muestran que en los ensayos de corte simple interesa utilizar velocidades de deformación próximas a 50 mm/min, tanto para medir la resistencia máxima a cortante de una interfase bituminosa como para obtener el valor de su módulo de reacción horizontal. Ha podido verificarse que, de acuerdo con la predicción de Canestrari et al. (2013), ensayando testigos a velocidades de deformación de 50 mm/min se obtienen resistencias máximas a cortante que, aproximadamente, duplican las obtenidas a 2,5 mm/min.

Finalmente, para obtener las tensiones de corte correspondientes a los análisis a rotura bajo una única solicitación se han sumado a las tensiones de cálculo bajo correspondientes a las acciones del tráfico, las tensiones cortantes de origen térmico obtenidas bajo las hipótesis más desfavorables (0,2 MPa). La Tabla 8 es una recopilación de los niveles de solicitación calcu-

Tabla 8. Tensiones cortantes de cálculo, incluyendo las eventuales tensiones máximas de origen térmico ( $\Delta T$ ) en los análisis a rotura bajo solicitación única

$\tau_{cal}$	Hipótesis de carga	K	Análisis considerado
0,75 MPa	V=49 kN, H=0,55V, $\Delta T=2^{\circ}C$	$\infty$	Límite superior $\tau_{cal}$
0,52 MPa	V=49 kN, H=0,55V, $\Delta T=2^{\circ}C$	25 MPa/mm	Rotura (s única) con tensión normal
0,23 MPa	V=49 kN, H=0,28V	26 MPa/mm	Fatiga con tensión normal
0,14 MPa	V=49 kN, H=0,55V	27 MPa/mm	Rotura (s única) con tensión normal
0,14 MPa	V=49 kN, H=0	28 MPa/mm	Fatiga con tensión normal
0,11 MPa	V=49 kN, H=0,28V	29 MPa/mm	Fatiga sin tensión normal
0,08 MPa	V=49 kN, H=0	30 MPa/mm	Fatiga sin tensión normal

lados.

Además de verificar la influencia de la velocidad de desplazamiento en la resistencia a cortante se ha comprobado que las interfases reales presentan, efectivamente, módulos de reacción horizontal comprendidos entre 1 y 25 MPa/mm (ensayadas en ausencia de tensión normal alguna), más probablemente entre 1 y 5 MPa si se trata de interfases obtenidas con riegos de adherencia convencionales.

Los análisis realizados también ponen de manifiesto el interés de obtener interfases con módulos de reacción horizontal comprendidos entre 5 y 25 MPa, objetivo que se considera al alcance del proyecto de investigación SUPERBIT, si bien todavía es prematuro cuantificar el alcance de las mejoras posibles.

## 5. AGRADECIMIENTOS

ARNÓ ha iniciado un proyecto de investigación denominado SUPERBIT (Tratamientos para obtener SUPERiores propiedades y eficiencias de los riegos BITuminosos mejorando la durabilidad de los firmes) que ha sido incluido en el programa de ayudas 2017 del CDTI (Centro para el Desarrollo Industrial y Tecnológico). El presente estudio constituye una de las actividades desarrolladas en ese marco. Los autores, en nombre de ARNÓ y en el suyo propio, desean agradecer el importante respaldo recibido por parte de este Centro perteneciente al Ministerio de Economía y Competitividad.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Canestrari, F., Ferrotti, G., Lu, X., Millien, A., Partl, M. N., Petit, C., Phelipot-Mardelé, A., Piber, H y Raab, Ch. (2013): Mechanical Testing of Interlayer Bonding in Asphalt Pavements. STAR 206 ATB. Advances in Interlaboratory Testing and Evaluation of Bituminous Materials. París, 2013.
- [2] Diakhaté, M.; Fatigue et comportement des couches d'accrochage dans les structures de chaussée. Sciences de l'ingénieur. Université de Limoges, 2007.
- [3] Islam, Md. Rashadul; Thermal fatigue damage of asphalt pavement. Dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering. The University of New Mexico. Albuquerque, New Mexico. July 2015.
- [4] Kim, Y.; Tayebali, A.; Guddati, M.; Karshenas, A.; Cho, S-H.; Surface Layer Bond Stresses and Strength. Dept. of Civil Construction & Environmental Engineering. North Carolina State University. NCDOT Project 2013-04. FHWA/NC/2013-04. December 2015
- [5] Marasteanu, M.; Li, X.; Clyne, T.; Voller, V.; Timm, D.; Newcomb, D. Low Temperature Cracking of Asphalt Concrete Pavements. University of Minnesota. Department of Civil Engineering. 2004
- [6] Ortiz Ripoll, J.; Crisén, X.; Lesueur, D.; Ruiz, F.; Sistemas de protección y mejora de los riegos de adherencia. XIII Jornada Nacional de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA). Madrid,
- [7] Pszczoła, M.; Judycki,.; Evaluation of thermal stresses in asphalt layers in comparison with TSRST test results. Gdansk University of Technology, Poland. Conference Paper in RILEM Bookseries • June 2012
- [8] Romanoschi, S. A. (1999): Characterization of Pavement Layer Interfaces. Louisiana State University Historical Dissertations and Theses. 7008. Louisiana, EEUU.
- [9] Romanoschi, S. A. y Metcalf, J. B. (2001): Effects of Interface Condition and Horizontal Wheel Loads on the Life of Flexible Pavement Structures. Transportation Research Record 1778 -123. Paper No. 01-2079. Washington, EEUU.
- [10] SCHELL (1998): BISAR 3.0 User Manual. Bitumen Business Group. London, GB.
- [11] Uzan, J., Livneh, M. y Eshed, Y. (1978): Investigation of adhesion properties between asphaltic-concrete layers. Proceedings of Asphalt Paving Technologists (AAPT). Technical Sessions, vol. 47, 495-521. Lino Lakes, MN, EEUU.

**4, 11 y 18 de mayo de 2021**

**FORO ANUAL [MOVILIDAD]  
#MADRIDMS2021**

**MADRID  
MOBILITY  
SUMMIT**

## **MACROEVENTO DIGITAL SOBRE MOVILIDAD INTELIGENTE**

Madrid Mobility Summit #MadridMS2021 es el foro de encuentro anual, nacional e internacional, de todos los actores relacionados con la movilidad sostenible, digital e inteligente. Integra recursos y tecnologías avanzadas de comunicación para desarrollar un evento de alto nivel, interactivo e inmersivo en formato íntegramente online

**1 VR/3D**

Desarrollo en realidad virtual VR/3D

**2 Streaming HD**

Visualización de ponencias en plataforma HD

Organiza



Desarrolla



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

# NLT-382/08

## Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante el ensayo de corte.

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

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

### 1. Objeto y principio del ensayo

Determinación de la adherencia entre las capas de mezcla bituminosa, o bien entre las capas de mezcla bituminosa y las capas de materiales granulares tratados con conglomerantes hidráulicos con probetas fabricadas en laboratorio y/o testigos extraídos de la obra.

Este método permite determinar el esfuerzo cortante necesario para separar dos capas o bien la determinación de la energía de deformación correspondiente al área delimitada bajo la curva carga-deformación.



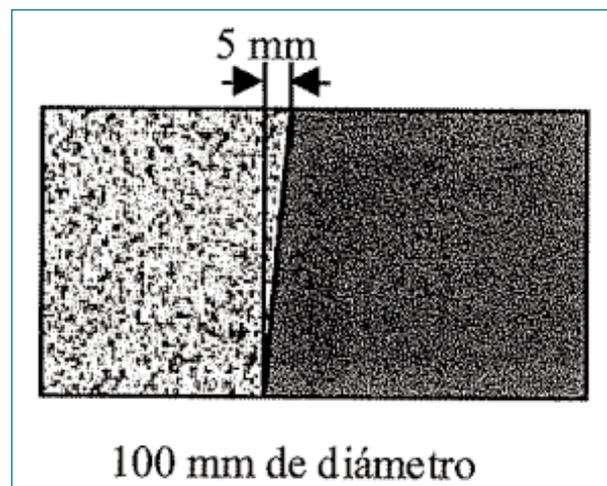
### 2. Método operativo

Las probetas de ensayo preferentemente pueden tener dimensiones de 100 o 150 milímetros de diámetro.

Preparación de las probetas-testigos:

-Probetas de laboratorio. Para las probetas fabricadas la-

boratorio (anejo de la Norma) pueden fabricarse con el compactador de impacto según la norma UNE-EN 12697-30 (para diámetro de 100 mm) o con el compactador giratorio según la norma UNE-EN 12697-31 (para diámetro de 100 y 150 mm). La capa de base debe ser una mezcla del tipo AC16S fabricada con PMB 10/40-70 y un espesor final de 100 mm (para diámetro de probeta de 100 mm.) o 130 mm (para diámetro de probeta de 150 mm) para posteriormente cortar en ambos casos a un espesor de ensayo final de 65 milímetros. Sobre esta probeta se extiende la emulsión de riego de adherencia con la dotación deseada (dotación estándar 500 gr/m<sup>2</sup>) de ligante residual) manteniendo para el curado a temperatura ambiente (20-25°C) durante 24 horas. La compactación de la capa superior se realiza empleando el mismo tipo de mezcla en un espesor >50 milímetros, empleando una prensa de doble embolo aplicando 21 MPa durante 2 minutos.



- Testigos de obra. Presentarán un diámetro homogéneo, sin irregularidades en las superficiales laterales y con el interfaz entre las dos capas perpendicular al eje longitudi-

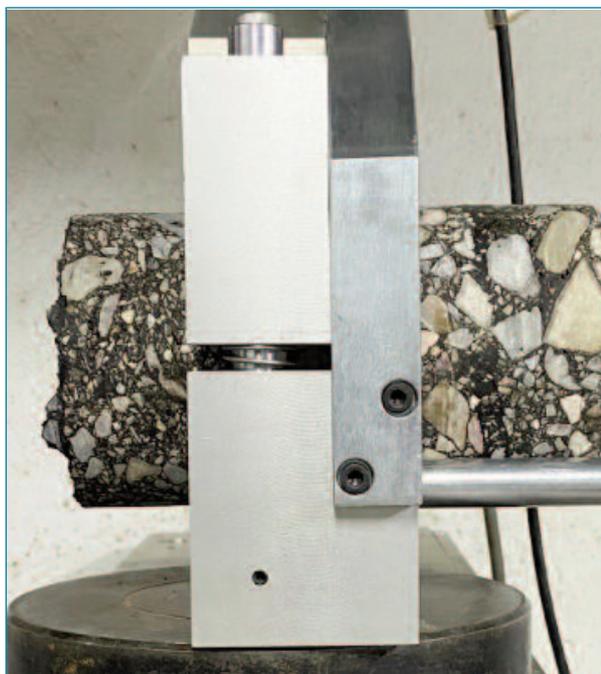
## NLT-382/08 Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante el ensayo de corte.

nal del mismo, permitiendo una desviación máxima de 5 mm para las probetas de diámetro de 100 mm y 7,5 mm para las probetas de diámetro de 150 mm.

Se determina el diámetro en ambas caras y se calcula la superficie de la sección transversal (S).

El acondicionamiento de los testigos/probetas se realiza en cámara termostática a una temperatura de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  durante al menos 3 horas.

Se coloca el testigo/probeta en el soporte asegurando la mitad superior de la mordaza. Se debe extremar el cuidado de la colocación de la probeta para el ensayo, en el caso de la mordaza A, el interfaz de las dos capas debe coincidir con el plano de desplazamiento de los dos sectores mientras que en el caso de la mordaza B debe sobresalir 5 mm. del extremo de la mordaza ya cerrada.



Fotografías ensayo dispositivo A.

Se aplica una carga con una velocidad de deformación de 2,5 mm/min y se registran los resultados de la carga y desplazamiento producido hasta la separación de las capas.

### 3. Equipamiento

Para la ejecución del ensayo se precisa el siguiente equipamiento:

Prensa con capacidad para proporcionar una carga míni-

ma de 50 kN y velocidad uniforme de desplazamiento de 2,5 mm/min., con registro gráfico de la carga y la deformación de manera simultánea.

Cámara termostática para una temperatura de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Dispositivo de corte. La Norma contempla dos tipos diferentes:

A. Mordaza de dos cuerpos con diámetro interior para testigos de 100 o 150 mm.

B. Mordaza cilíndrica desmontable en dos mitades con diámetro interior de 101,6 mm o 150 mm.

Para la preparación de las probetas en laboratorio se precisan compactadores de impacto y/o giratorio, así como una prensa de doble émbolo con posibilidad de llegar a una carga de 21 MPa. También un equipo para el corte de probetas.



### 4. Resultados

A partir del gráfico de carga-deformación, se determinan los siguientes parámetros:

Superficie de la sección transversal, en  $\text{mm}^2$ :  $S = \mu \cdot d^2 / 4$

Carga máxima de rotura,  $F_{\text{max}}$ , expresada en N.

Resistencia a esfuerzo cortante,  $T_c$ , en  $\text{N}/\text{mm}^2$  calculada a partir de la expresión:

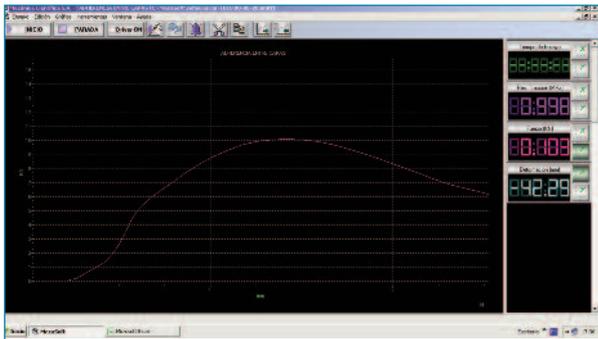
$$\text{Dispositivo A: } T_c = F_{\text{max}} / S$$

$$\text{Dispositivo B: } T_c = (F_{\text{max}} / 2) / S$$

El número mínimo de testigos/probetas para la realización de los ensayos es de 4.

Además, se indicarán los siguientes datos:

- la deformación a la carga máxima (en mm),
- origen y tipo de muestra,
- diámetro de la muestra de ensayo (en 0,1 mm),
- temperatura de ensayo (en  $^\circ\text{C}$ ),
- velocidad de aplicación (mm/s),
- dispositivo empleado (A o B).



## 5. Puntos Críticos

Aun siendo un procedimiento sencillo para la valoración de selección de los materiales, las condiciones de puesta en obra y curado en laboratorio no son exactamente iguales a las realizadas en la obra, por lo que deben ser verificadas con el ensayo en los tramos de ensayo.

Se han encontrado diferencias importantes en los resultados obtenidos en los ensayos realizados del mismo material empleando ambas metodologías, obteniendo valores superiores cuando se utiliza el dispositivo A (15-35%).

Para la realización del ensayo con capas ultradelgadas o de pequeño espesor, es recomendado la realización del ensayo con el dispositivo A.

## 6. Comentarios

Este método permite evaluar la efectividad de diferentes tipos de emulsiones utilizadas en los riegos de adherencia, con diferente dotación, mediante ensayos previos de laboratorio.

Actualmente está en proceso de redacción (versión borrador) una Norma europea EN 12697-48, que recoge varios procedimientos de ensayo con diferentes metodologías, condiciones de temperatura y velocidades de rotura.

Hay un importante trabajo interlaboratorio sobre el empleo de los dos métodos normalizados realizado por laboratorios adscritos a Aleas (Asociación de Laboratorios de Ensayo de Asefma), cuyos resultados han sido publicados en varias jornadas y congresos sectoriales.

La precisión del ensayo es del orden del 10% en las mejores condiciones, con mayor dispersión para los ensayos realizados en testigos de obra que en ensayos de testigos de laboratorio.

Se obtienen mejores resultados para mezclas con superfi-

cies de macrotexturas más bajas, sin poder establecer una correlación por esta sola variante, entre la superficie de la capa de soporte y la dotación de emulsión óptima.

Los procedimientos que se utilizan en España, y descritos en la norma NLT, vienen recogidos en la norma europea: el ensayo descrito para el dispositivo A aparece en el apartado 7, del grupo "Shear Bond Test, SBT", y la metodología descrita para el dispositivo B está recogida en el anexo C.

Para la evaluación de la adherencia entre capas se están estudiando otros procedimientos alternativos, tanto para su realización en el laboratorio como para la medida in situ en la obra.

## 7. Bibliografía

- NLT.- 382/08. Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante ensayo de corte.
- NLT.- 161. Resistencia a compresión simple de mezclas bituminosas.
- UNE EN 12697-30. Compactador de impacto.
- UNE EN 12697-31. Compactador giratorio.

*Este método describe 2 procedimientos de ensayo para valorar la adherencia entre las capas, permitiendo así garantizar el correcto funcionamiento de las mezclas bituminosas en el firme. En la actualidad se están estudiando nuevos tipos y métodos de ensayo, algunos de ellos para ser realizados "in situ" en la propia obra.*

# VIATOP®

Liderando las SMA  
desde 1988

inside

VIATOP®

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



Fibras diseñadas  
por la naturaleza  
Una compañía del grupo JRS

C/ Travesera de Gracia 56, 2º 2ª  
08006 Barcelona  
Tf. 933 262 880 · Fx. 933 262 897

[www.jrsiberica.com](http://www.jrsiberica.com) · [Info@jrsiberica.com](mailto:Info@jrsiberica.com)

# Mirando al pasado

Documento publicado en diciembre de 1960.

## Boletín

P

PRODUCTOS ASFÁLTICOS, S.A. - PROAS - ARENAL 9 - TELÉF. 32 04 00 - MADRID

**BIBLIOGRAFIA**



*Puesto a dejarme deslizar por el cómodo tobogán del tópico, yo diría que el último discurso del Ministro de Obras Públicas, en las Cortes, ha sido un toque de clarín para el país y, particularmente para los que más de cerca estamos relacionados con la vida y desarrollo de las carreteras españolas.*

*Aún no se ha extinguido su eco y ya está en la arena, pidiendo pelea, un toro de muchas arrobos - un plan de envergadura nacional para el acondicionamiento de nuestra red viaria - en cuya lidia serán llamados a intervenir desde los más altos funcionarios de nuestros Ministerios de Hacienda y Obras Públicas, hasta el más modesto de los españoles que en estos asuntos se interese por colaborar y pueda hacerlo eficientemente.*

*Si la res ha de volver viva a los corrales o si la faena cuajará, es lo que falta por ver.*

*Es archisabido que por causas muy complejas y, sobre todo, por razones económicas, desde los años del Circuito de Firmes Especiales, en España no se ha realizado una política digna de tal nombre, en cuanto se refiere a la conservación y perfeccionamiento de nuestras carreteras, que hoy pueden calificarse como las más imperfectas de las de entre todos los países de Europa Occidental. Buen índice de ello es que nuestro país viene ocupando, desde hace muchos años, el último de los lugares correspondientes a tales países en las estadísticas de consumo específico de ligantes.*

*Al insistir en estos lugares comunes, pretendo recordar que en España ha transcurrido más de una generación en que administradores y técnicos, contratistas y fabricantes, de y para la carretera, nos hemos refugiado en un fatalismo demoledor para ir saliendo del paso que, a mi juicio, ha traído como desoladora consecuencia una descalificación casi total de cerebros y herramientas, que, por contraste, hacen más luminosas las contadas excepciones de los que han sabido o procurado rebelarse contra lo que de vegetativo, rutinario y disolvente tenía el clima que hasta ahora ha imperado en este campo.*

*De ello, lo sé, se han dado cuenta los hombres que desde sus cargos públicos se han impuesto la benemérita tarea de redimir tal situación, y para ellos damos desde ahora nuestro paso al frente.*

*Todo lo que somos, sabemos y representamos será puesto al servicio de este plan, casi heroico, que se ha de acometer como tarea nacional. Con ello nos serán dados el honor de ocupar un lugar de primera línea en tan constructora batalla y la oportunidad de crear unos medios de trabajo eficientes y honestamente rentables, que quedarán al servicio del país, y permitirán a nuestra empresa nuevos medios de desenvolvimiento para alcanzar definitivamente los objetivos que justificaron su creación.*

## Betunio

**7 ROUTES**  
 Roger Coquand. Eyrolles, París, 1957

Es un tratado completo de construcción de carreteras. La obra original está dividida en dos tomos; el primero está dedicado al estudio de la carretera, trazado y circulación, y el segundo estudia especialmente los problemas de construcción.

Se trata, probablemente, de la obra más moderna sobre estas cuestiones, que se estudian detenidamente, pero sin excesos que hagan pesada o difícil la lectura. Se da a cada problema las dimensiones precisas que tiene realmente, y cuantos datos pueden ser necesarios para la formación de criterios básicos de proyecto.

Los materiales asfálticos se estudian con gran claridad y de un modo muy completo, lo mismo que los métodos de almacenamiento, transporte, aplicación, etc.

Como ya hemos dicho, es esencialmente un tratado de construcción de carreteras en el que no se tocan las aplicaciones del asfalto de otro tipo, como la construcción de obras hidráulicas o la impermeabilización, para las que deberá recurrirse a otras obras.

Este libro ha sido traducido recientemente al castellano y publicado por Editorial «Reverté» en un solo tomo y bajo el título *Carreteras*.

**8 ASPHALT HANDBOOK**  
 The Asphalt Institute, College Park, Maryland (EE. UU.), 1960

Es una edición revisada del primitivo *Manual del Instituto del Asfalto*. La mejora lograda en la revisión es notable, y la obra, en su estado actual, es muy completa y utilísima para cuantos se ocupan del empleo del asfalto en general, y en especial de la construcción de caminos.

Se trata de una obra de carácter esencialmente práctico, que evita el estudio profundo de las características fundamentales del asfalto, limitándose a la descripción de los ensayos más importantes y al establecimiento de especificaciones para los resultados de estos ensayos.

Esta nueva edición incluye también el contenido del folleto *Thickness Design of Asphalt Pavement Structures*, publicado originalmente por separado, e incorporado a este manual como eficaz auxiliar del ingeniero en la determinación de espesores en los pavimentos.

Se discuten también los distintos tipos de construcción, los elementos mecánicos necesarios y las aplicaciones específicas de cada tipo de pavimento.

También se estudian las aplicaciones del asfalto a la mejora del balasto de las vías férreas y su empleo en obras hidráulicas.



LA  
CARRETERA  
DEL  
FUTURO

# PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS.

## ENTREGA 12.

Andrés Costa

Miembro Comité Revista Asfalto y Pavimentación

### PATOLOGIAS EN LOS FIRMES DE CARRETERAS Y AEROPUERTOS

Denominación de la patología: 05 PRESENTACION GENERAL DE LA PATOLOGÍA DE GRIETAS



Grieta longitudinal



Grietas transversales

#### Descripción de la patología:

Una de las afecciones más habituales en los firmes utilizados son las fisuras y grietas, que pueden definirse genéricamente como una discontinuidad o línea de rotura en la superficie del firme.

#### Tipos de grietas:

Las grietas se pueden agrupar o definir según su origen, su situación y su distribución. Hay dos grandes grupos de tipos de grietas:

- **Grietas de origen estructural:** Aparecen como consecuencia del agotamiento estructural de alguna de las capas del firme.
- **Grietas de origen no estructural:** Producidas por otra causa, como pueden ser: retracción hidráulica o térmica de capas inferiores tratadas con cemento, fluencia, fatiga de una capa de mezcla bituminosa, etc.

Las grietas se pueden agrupar o definir según su origen, su situación y su distribución. Hay dos grandes grupos de tipos de grietas:

- Fisura longitudinal.
- Fisura transversal.
- Fisura errática.
- Fisura parabólica
- Piel de cocodrilo. Cuarteo.

También hay que distinguir donde está situada en la carretera.



Grieta errática



Grieta parabólica



Grieta en piel de cocodrilo o cuarteo

Descripción de la patología:

De forma general se pueden establecer algunos criterios generales sobre la causa de las fisuras y grietas de un firme, que son los siguientes:

- **Envejecimiento y fatiga del firme.** El dimensionamiento del firme se hace para un periodo de proyecto. Durante su vida útil y por la acción de diversos factores (tráfico, climatología, etc.) el firme envejece y va perdiendo progresivamente sus características. Es necesario realizar periódicamente labores de conservación y mantenimiento para mantener las características estructurales y funcionales iniciales. Cuando no se hace esta conservación preventiva, pueden aparecer grietas. El envejecimiento puede producirse en todo el firme, dando lugar al agotamiento estructural, o en alguna de las capas que lo forman por fatiga de la misma.

- **Mala ejecución durante la puesta en obra de las capas que componen el firme.** La falta de adherencia en las juntas de trabajo o entre capas, e incluso la falta de compactación de las mezclas provocan fisuras funcionales y estructurales respectivamente.

- **Defectuosa fabricación de las mezclas bituminosa.** Esto provoca que el firme construido no soporte adecuadamente las solicitaciones producidas por el tráfico, o incluso que no soporten las condiciones climáticas a la que una capa de firme está sometida.

- **Incidencia en el cimiento del firme.** El firme debe apoyar sobre una superficie regular, firme y con suficiente capacidad de soporte. Existen zonas que, por diversas razones, el firme se apoya en un relleno inestable (deslizamientos, relleno de terraplén con materiales inadecuados...), lo que provoca movimientos en las capas superiores, quedando reflejado por la aparición de fisuras y grietas.

- **Presencia en el firme de juntas constructivas.** En la construcción de las capas del firme son necesarias disponer juntas constructivas, que introducen una discontinuidad en la capa y un factor de debilidad en el firme, pudiendo dar origen a la apertura de dicha junta y a la aparición de una fisura, siendo frecuentes en el caso de las juntas longitudinales. Si además hay presencia de capas del firme con materiales tratados con conglomerantes hidráulicos sus juntas constructivas pueden acabar reflejándose en la superficie de rodadura del firme constituyendo un tipo de grieta que debe tratarse como una patología.

- **Firme mal proyectado:** El incorrecto dimensionamiento de un firme da lugar a fisuras que suelen aparecer en los primeros meses de su puesta en obra en forma de piel de cocodrilo, por agotamiento prematuro de la capacidad soporte del firme.

Tipos de grietas:

En estas fichas se van a describir 5 tipos distintos de grietas con orígenes diferentes, técnicas de reparaciones distintas y medidas preventivas también diferentes. Son las siguientes:

- **GRIETAS ESTRUCTURALES (Piel de cocodrilo).**
- **GRIETAS REFLEJADAS.**
- **GRIETAS GENERALIZADAS SIN DEFORMACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.**
- **GRIETAS CONSTRUCTIVAS.**
- **GRIETAS PARABOLICAS.**

Denominación de la patología: 06 GRIETAS ESTRUCTURALES (PIEL DE COCODRILO)



Fisuración estructural en zona de rodada

Descripción de la patología:

La fisuración estructural es un deterioro caracterizado por la aparición de fisuras interconectadas en forma de malla en la superficie del pavimento. El tamaño de los bloques que constituyen la malla muestra el estado de evolución del deterioro, siendo los bloques de tamaño decimétrico en una fase inicial y centimétricos en una fase avanzada. Esta malla de grietas también se conoce como "piel de cocodrilo".



Grietas estructurales por fatiga de las capas granulares

Tipos de grietas:

El tráfico que solicita los firmes supone la aplicación repetida de cargas que pueden ocasionar el agotamiento estructural de las capas inferiores por acumulación de esfuerzos de tracción inferiores al esfuerzo último de rotura, fenómeno que se conoce con el nombre de fatiga estructural. Se trata de un deterioro que comienza en el fondo de las capas tratadas con un ligante asfáltico o un conglomerante hidráulico, puesto que son las zonas donde el tráfico produce los mayores esfuerzos de tracción. Cuando se produce la fatiga de las capas granulares inferiores del firme o de la explanada, se produce en estas capas una deformación vertical permanente que se manifiesta superficialmente por la aparición de la patología de grietas estructurales y, en este caso, la deformación vertical de la superficie del firme.

Incidencia de la patología en la vía y en los usuarios:

La fisuración en estado avanzado favorece el despegue de las capas de mezcla bituminosa que forman el firme y, como consecuencia, el desprendimiento de parte de los pequeños bloques formados. Este fenómeno supone un peligro para la circulación al poder ser proyectados estos materiales contra otros vehículos, al tiempo que pueden suponer una situación de riesgo para la conducción cuando el tamaño de la superficie desprendida es de dimensiones considerables, dando lugar a la formación de otro tipo de patología denominada BACHES. Además, las zonas desprendidas favorecen la acumulación de agua y formación de charcos en condiciones de lluvia.

Reparación de la patología:

La aparición de fisuración en forma de malla en la superficie del pavimento indica el agotamiento estructural de la sección del firme. Por esta razón, las soluciones de reparación de este tipo de deterioro consisten en sustituir las capas afectadas por materiales de calidad igual o, preferiblemente, superior a la de los materiales originales.

Cuando la solución adoptada es la sustitución con mezcla bituminosa, es necesario retirar toda la zona del firme afectada, tanto en superficie como en espesor, hasta encontrar capas en buen estado, y proceder a la posterior reposición del firme.

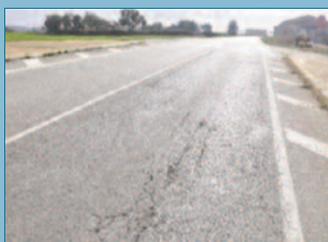
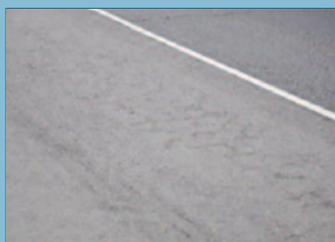
Cuando la fisuración estructural está extendida a una gran longitud de la vía, el reciclado en frío de los materiales fisurados, seguido de la posterior extensión de un refuerzo bituminoso, es posiblemente la opción más interesante técnica y económicamente, debido al aprovechamiento que supone de los materiales existentes.

### Acciones preventivas:

A nivel de proyecto, un correcto dimensionamiento del paquete de firme, acorde con el tráfico esperado y con la calidad de los materiales a emplear, permite prever la aparición de fenómenos de fatiga estructural y, por tanto, agrietamiento en piel de cocodrilo. Por otra parte, el empleo de mayores contenidos de ligante en las capas de base bituminosas, por ser responsables de la resistencia a fatiga de la sección, permite mejorar considerablemente la vida útil del firme.

En fase de explotación, la aparición de fisuras finas en forma de malla es un claro síntoma del comienzo del agotamiento estructural de la sección, siendo recomendable la extensión de un tratamiento de impermeabilización (como una lechada bituminosa) para evitar los efectos dañinos derivados de la entrada de agua en el firme.

Cuando la abertura entre labios de fisura comienza a aumentar, se recomienda proceder a su sellado mediante una masilla elástica y la extensión de un refuerzo mediante mezcla bituminosa para retrasar el avance del deterioro.



Diversos grados de agrietamiento estructural de un firme (de menor a la izquierda, a mayor a la derecha)



Sellado de grietas estructurales existentes

Denominación de la patología: 07 GRIETAS REFLEJADAS



Fisuración estructural en zona de rodada

Descripción de la patología:

La grieta reflejada es aquella que progresa a través del paquete de mezclas bituminosas como continuación de una fisura preexistente en la capa de apoyo, pudiendo ser ésta de capas bituminosas fisuradas o bien de capas tratadas con conglomerantes hidráulicos (cemento), que se denominarán CTCH.

El principal inconveniente de este tipo de fisuración, una vez que la grieta ha ascendido hasta la superficie, es que permite el paso del agua hacia las capas inferiores del firme, lo que puede provocar una pérdida de resistencia de los materiales de estas capas y de la explanada, e incluso fenómenos de erosión y reducción progresiva de la transmisión de carga entre losas de las CTCH, que a la larga resultan fatales al estar asociados con fuertes movimientos verticales provocados por el paso de las cargas de los vehículos pesados de una losa a la siguiente. Además de los problemas estructurales, con el paso del tiempo las fisuras reflejadas van degradándose en los bordes, perdiendo material y pueden llegar a formar pequeños baches.

Causas de la patología:

La retracción hidráulica postgraduado de los materiales tratados con ligantes hidráulicos y los cambios térmicos en esas capas hacen que esos materiales estén sometidos a tensiones de tracción y compresión alternativa, a la vez que a fenómenos de alabeo debidos al gradiente térmico vertical entre caras superior e inferior de la losa. Ello lleva a que, si se supera la resistencia a tracción del material, se fisuren.

Por ello, las mezclas bituminosas colocadas encima de capas hidráulicas se verán sometidas al efecto combinado de estos esfuerzos provocando que se pueda iniciar la fisuración en la base de las mezclas bituminosas, justo encima de la fisura o junta de la CTCH y que progrese hacia la superficie.



Deterioro del borde de las grietas sin sellar

Incidencia de la patología en la vía y en los usuarios:

Cualquier fisura o grieta reflejada en la superficie de rodadura de un firme supone, entre otros problemas, una discontinuidad en la adherencia del neumático y el pavimento. Esta pérdida de adherencia puede agravarse en presencia de agua, especialmente para los vehículos de dos ruedas. Desde el punto de vista del confort, el conductor puede percibir un ruido periódico más o menos intenso al pasar el vehículo sobre las grietas transversales espaciadas existentes por la reflexión de las grietas de las CTCH inferiores.

Si además los bordes de las grietas están deteriorados y hay pérdida de material el ruido es mayor e incluso, si se han formado resaltos o baches por pérdida del material, la seguridad y comodidad del usuario se ve claramente disminuida.

Adicionalmente, este fenómeno también afecta a la longevidad mecánica de los vehículos y se generan esfuerzos adicionales al sistema de suspensión y amortiguación de los mismos al paso por las fisuras.

### Reparación de la patología:

En este tipo de firmes, con capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, es recomendable adoptar soluciones que retrasen o impidan la reflexión de las grietas a la capa de rodadura para que no sea necesario realizar actuaciones de reparación. Los sistemas de reparación que a continuación se describen, también son válidos para retrasar la aparición de las grietas reflejadas durante la fase de construcción de la carretera.

#### a) Colocación de mezcla bituminosa sobre el soporte fisurado

Una primera solución, es la colocación sobre el soporte fisurado de una o varias capas de mezcla bituminosa en un espesor suficiente para que las tensiones provocadas por la climatología y el tráfico puedan ser absorbidas por la mezcla. Adicionalmente, previa a la colocación de la mezcla, puede considerarse:

- Operaciones de sellado
- Tratamiento superficial mediante riegos con gravillas y microaglomerados en frío

Además existen mezclas bituminosas ricas en ligante que, por sus características permiten reducir sensiblemente el espesor total de mezcla bituminosa necesario para evitar la reflexión de las grietas de las CTCH. A este tipo pertenecen las denominadas mezclas SMA (Stone Mastic Asphalt) desarrolladas en la Norma UNE EN 13108-5 y en el Artículo 544 del vigente PG3 en España (O.C. 3 – 2019).

#### b) Técnicas de interposición

Un segundo grupo de soluciones antifisuras es el constituido por los recrecimientos asfálticos asociados con una técnica de interposición, entre las que se pueden utilizar las siguientes:

- Firme inverso
- Geomallas y geotextiles impregnados
- Sistemas intercapa

Adicionalmente, cabría reseñar como solución una técnica, bastante conocida y empleada en España, como es el reciclado in situ con emulsión bituminosa. Adecuadamente diseñada y ejecutada, puede resultar muy eficaz, tanto por prestaciones como por su viabilidad económica.

En cualquier caso y mientras se adopta alguna técnica de reparación de la patología, es recomendable el sellado de las grietas reflejadas, una vez que aparecen en la capa de rodadura, para evitar la entrada de agua hacia las capas inferiores del firme.

### Acciones preventivas:

Durante el proceso de construcción de firmes que contemplan el empleo de CTCH, la principal precaución a considerar es limitar los movimientos en las fisuras o juntas reduciendo la longitud de las losas (técnicas de prefisuración eficaces) y de limitar los cambios térmicos en las CTCH, mediante suficiente espesor de mezclas ("abrigo" térmico) a la vez que las mezclas situadas encima de las CTCH deben tener una adecuada resistencia a la fisuración. Adicionalmente a este criterio general, pueden considerarse secciones de firmes alternativas, en cualquier caso considerando en su estructura el empleo de CTCH.



Sellado de grietas reflejadas existentes

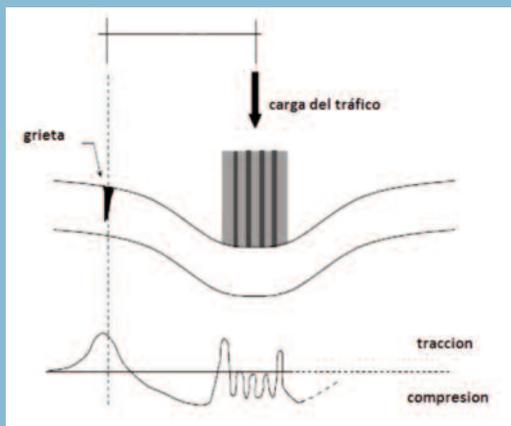
Denominación de la patología: 08 GRIETAS GENERALIZADAS SIN DEFORMACION



Fisuración descendente longitudinal y posteriormente con fisuras transversales en todo el pavimento

Descripción de la patología:

Este tipo de grietas se caracterizan por ser generalmente longitudinales y rectilíneas, aunque con alguna pequeña sinuosidad (que las diferencia de las grietas constructivas, punto 5.9), aparecen en la capa de rodadura y se propagan hacia abajo, denominándose también fisuración descendente o Top-Down Cracking (en inglés), situándose normalmente a ambos lados de las rodadas de los vehículos pesados. Posteriormente, en una segunda fase, aparecen algunas fisuras transversales entre las grietas longitudinales, pudiendo llegar a aparecer una fisuración generalizada del pavimento. Se diferencia, en este caso, de la patología denominada "piel de cocodrilo" porque en este segundo caso suele haber deformación del firme con hundimiento, mientras que cuando se trata de fisuración descendente, no hay deformación superficial.



Esquema de la producción de grietas y fisuras descendentes

Causas de la patología:

Esta patología se suele producir por una combinación de baja resistencia o capacidad de deformarse a esfuerzos de tracción de la mezcla bituminosa de la capa de rodadura y por la aparición de esfuerzos de tracción en la superficie del firme.

La falta de resistencia a tracción o la excesiva rigidez de la mezcla bituminosa pueden producirse por alguna de las causas siguientes:

- **Baja cohesión interna de la mezcla bituminosa por segregación y heterogeneidad del árido grueso y escasez de mastico en algunas zonas.**
- **Bajo contenido de ligante.**
- **Mezcla con mayor contenido de huecos (por mal diseño o por deficiente compactación).**
- **Bajas temperaturas en la superficie del pavimento (especialmente en época invernal).**
- **Envejecimiento de la mezcla bituminosa, que la vuelve más frágil.**

La aparición de esfuerzos de tracción en la superficie del pavimento se puede deber a la acción de las cargas del tráfico canalizado, como se ve en el gráfico adjunto.



Fisuración descendente en pista de aeropuerto

### Incidencia de la patología en la vía y en los usuarios:

La presencia superficial de este tipo de grietas facilita la entrada de agua en el firme lo que supone una pérdida de capacidad estructural del conjunto y puede llegar a afectar incluso al cimiento del mismo.  
Por otro lado y si el agrietamiento se generaliza, pueden producirse pequeños desprendimientos de zonas rotas y el consiguiente bache, con el riesgo que esto supone para los usuarios.  
La rodadura sobre este pavimento es incómoda, ruidosa y puede resultar incluso peligrosa en época de lluvia con presencia de agua en superficie.

### Reparación de la patología:

En función del grado de agrietamiento la reparación es diferente.  
En fase inicial de aparición de la grieta es conveniente proceder a su sellado para evitar la entrada del agua hacia las capas inferiores y para favorecer un mejor comportamiento a los esfuerzos de tracción descritos como causa de este tipo de fisuración.  
Cuando la fisuración se ha generalizado, es necesario proceder a colocar una nueva capa de mezcla bituminosa sustitutiva de la que se ha agrietado.  
En este caso, una buena solución es utilizar técnicas de reciclado de pavimentos, bien in situ o bien con reciclado en planta asfáltica.  
Otra posible solución, en cualquier caso, consiste en la colocación de un tratamiento superficial mediante un microaglomerado en frío que permite impermeabilizar la capa de rodadura y facilitar un pavimento más como y seguro. Es una solución temporal pero, por su economía, es una buena solución antes de que la degradación del firme vaya a más.

### Acciones preventivas:

Teniendo en cuenta que los esfuerzos de tracción que aparecen en el firme y especialmente en la capa de rodadura y que se han descrito anteriormente, no es posible eliminarlos, las actuaciones preventivas deben ir encaminadas a mejorar el comportamiento de la capa de mezcla bituminosa en presencia de este tipo de tensiones.

Las actuaciones preventivas son las siguientes:

- **Correcto diseño de la mezcla bituminosa y su puesta en obra para evitar segregaciones del árido grueso, para que la mezcla compactada tenga el contenido de huecos óptimo para la mezcla bituminosa elegida.**
- **Utilización de mezclas bituminosas ricas en ligante, sin riesgo de deformaciones plásticas, especialmente en aquellas carreteras sometidas a condiciones climáticas extremas y con elevadas cargas del tráfico pesado.**
- **Utilización de ligantes modificados con polímeros que tienen un mejor comportamiento en cuanto a su susceptibilidad térmica, con un buen comportamiento tanto a baja como a elevada temperatura.**

Las mezclas bituminosas de los tipos SMA 8, SMA 11 y BBTM 11 A, permiten fabricar mezclas ricas en ligante para capas de rodadura sin riesgo de deformaciones plásticas, especialmente si se utilizan betunes modificados con polímeros y se incorpora algún aditivo estabilizante del tipo fibra de celulosa.



Agrietamiento descendente generalizado con inicio de pérdida de material. Procede colocar una nueva capa de mezcla bituminosa



Grietas descendentes iniciándose, que deberían sellarse

# La opción WAM-RAP para el diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones

Mario Jair,  
mariojair@hotmail.com

Rosana Marcozzi,  
tecnologiavial@lemit.gov.ar

La tendencia global en el uso de mayores tasas de RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) en mezclas asfálticas de nueva construcción e inclusive de alta performance, es creciente.

Las diferentes tecnologías WAM (Warm Asphalt Mixtures o mezclas asfálticas tibias) se han desarrollado de manera importante en USA y Europa en la última década.

Basados en los antecedentes y experiencias recogidas e informadas por los autores en previos congresos de la especialidad [1] [2], el objeto del presente trabajo y continuando con lo realizado, es compartir los resultados obtenidos en la búsqueda de mezclas asfálticas, en este caso, de altas prestaciones que combinen las técnicas enunciadas precedentemente (WAM-RAP). El objetivo es permitir la fabricación de capas de rodamiento de alta calidad aunando las ventajas de reciclabilidad y de trabajabilidad y mejorando la huella de carbono de todo el proceso, debido al menor tenor de emisiones al ambiente.

**Palabras Clave:** Micro aglomerados asfálticos en caliente, mezcla asfáltica “tibia”, RAP, medio ambiente.

The global trend in the use of higher RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) rates in new construction and even high-performance asphalt mixes is growing.

The different WAM technologies (Warm Asphalt Mixtures) have developed significantly in the USA and Europe in the last decade.

Based on the background and experiences gathered and reported by the authors in previous congresses of the specialty [1] [2], the purpose of the present work is to share the results obtained in the search for high performance asphalt mixtures, in this case, combining both technologies mentioned above (WAM-RAP). The objective is to enable the manufacture of high-quality bearing layers by combining the advantages of recyclability and workability and improving the carbon footprint of the entire process, due to lower lower emissions into the environment.

**Keywords:** Thin layer asphalt mixtures, warm asphalt mixtures, RAP, environment.

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria del asfalto ha buscado en los últimos años, disminuir el impacto ambiental de las tecnologías de pavimentación basados en éstos ligantes ya sea mediante la reutilización del RAP de las capas agotadas o envejecidas (en este caso proveniente de mezclas SMA basadas en ligantes especiales), como así también disminuyendo las temperaturas de fabricación, colocación y compactación de éstas, lo que se conoce como tecnología WAM (Warm Asphalt Mixtures o mezclas asfálticas tibias).

El presente trabajo pretende compartir los resultados ob-

tenidos durante la evaluación comparativa de micro aglomerados asfálticos en caliente de bajo espesor para carpetas de rodamiento, combinando ambas técnicas (uso de RAP y asfaltos “tibios”) a los efectos de desarrollar futuras propuestas sustentables de diseño y aprovechando las ventajas de ambas tecnologías.

## 2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL EMPLEADA

Se procedió al estudio comparativo de cuatro micro aglomerados asfálticos en caliente y semi calientes del tipo MAC F 10, en un todo de acuerdo con las especificaciones de la Di-

# La opción WAM-RAP para el diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones

rección Nacional de Vialidad de la Argentina [3] siendo dos con áridos vírgenes y los otros dos, con el reemplazo de éstos por 44% del RAP proveniente de la mezcla SMA citada en la introducción. Se utilizaron asfalto modificado del tipo AM3, según IRAM 6596 [4] y su correspondiente versión “tibia” (en adelante denominado AM3 LT).

Los ensayos sobre los materiales constitutivos de las mezclas (agregados, RAP y ligantes) como así también las curvas granulométricas de las mezclas MAC F10 y MAC F10 (R44%) evaluadas (con y sin RAP respectivamente), se observan en el apartado 3.

Los resultados de las propiedades volumétricas y mecánicas (daño por humedad, ahuellamiento y Hamburgo) se describen en el apartado 4.

## 3. ENSAYOS SOBRE MATERIALES CONSTITUYENTES

### 3.1 Agregados vírgenes y RAP

La composición de los micro aglomerados MAC F10 (de referencia) sólo con agregados vírgenes, y MAC F 10 (R44%) puede verse en Tabla 1

**Tabla 1. Composición de los MAC F10 y MAC F10 (R44%) de diseño**

Agregado	Agregado	
6/12	77	55
Arena trituración 0/3	17	--
Filler calcáreo	5	--
Cal	1	1
RAP Grueso	--	14
RAP Fino	--	30

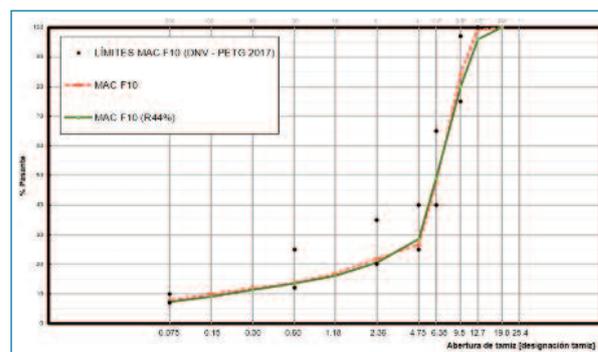
El RAP proviene de un pavimento de mezcla SMA 12, con ligante modificado AM3. Fue retirado del fresado de una calzada con más de 14 años de vida útil y separado en laboratorio en dos fracciones y caracterizado.

En la Tabla 2 se presentan propiedades del RAP obtenidas luego de realizar el lavado del RAP por reflujo de solvente y recuperar el ligante mediante destilación Abson.

**Tabla 2. Características del RAP empleado**

	RAP Fino	RAP Grueso
Contenido de Asfalto Medio, % s/m	5,98	3,56
Ensayos sobre el asfalto recuperado		
Penetración (25 °C, 100g, 5s), 0.1 mm	50	53
Punto de Ablandamiento, °C	70,1	70,8
Recuperación elástica torsional a 25°C, %	61,1	65,0
Viscosidad rotacional a 170°C (2 rpm), mPa.s	350	370

Las curvas granulométricas de ambas mezclas de diseño se muestran en la Figura 1.



**Figura 1 Curvas granulométricas resultantes MAC F10 y MAC F10 (R44%)**

En el caso de las MAC F10 (R44%), a la composición de áridos definidas en curva se le incorporó un 2,7% de ligante nuevo, de manera de obtener mezclas con un contenido de ligante total orden del 5%.

A fin de reproducir las peores condiciones de fabricación, en la mezcladora mecánica se colocaron los agregados vírgenes a una temperatura de 170°C y el RAP a temperatura ambiente y se mezclaron enérgicamente durante unos 15 segundos. Se incorporó el ligante virgen y se continuó con el proceso hasta obtener recubrimiento total de los agregados. El tiempo de mezclado de las mezclas con RAP resultó necesariamente superior al tiempo de mezclado efectivo de las otras mezclas.

### 3.2 Ligantes asfálticos

límite del 80 %.

#### Ligantes originales

Los resultados de la evaluación de los ligantes originales utilizados AM3 y AM3 LT se muestran en Tabla 3:

**Tabla 3. Propiedades de los asfaltos modificados AM3 y AM3 LT**

	AM3	AM3 LT	Norma de ensayo
Penetración a 25 °C (100g-5s), 0.1 mm	74	73	IRAM 6576
Punto de Ablandamiento, °C	62,9	65,6	IRAM 6841
Recuperación elástica torsional a 25 °C (30 min), %	70,0	82,2	IRAM 6830
Viscosidad rotacional a 170°C, (SPDL 21, 10 rpm), mPa.s	360	305	IRAM 6837

#### Ligantes recuperados de las mezclas fabricadas

Los resultados de la evaluación de los ligantes recuperados de las mezclas MAC F10 y MAC F10 (R44%) utilizando AM3 y AM3 LT se muestran en Tabla 4:

### 4.2 Verificación al ahuellamiento

Esta verificación fue realizada mediante el ensayo de Wheel Tracking a 60°C, bajo normativa EN 12697-22 – Parte B. El

**Tabla 4. Propiedades de los asfaltos AM3 y AM3 LT recuperados**

	MAC F 10		MAC F10 (R44%)		Norma de ensayo
	AM3	AM3 LT	AM3	AM3 LT	
Contenido de ligante	5,0	5,0	52	5,3	IRAM 6576
Penetración a 25 °C (100g-5s), 0.1 mm	58	56	64	83	IRAM 6576
Punto de ablandamiento, °C	64,0	72,0	63,4	62,6	IRAM 6841
Recuperación elástica torsional a 25 °C, (30 min), %	67,2	68,0	70,6	68,9	IRAM 6830
Viscosidad rotacional a 170°C, (SPDL 21, 10 rpm), mPa.s	330	455	340	360	IRAM 6837

## 4. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES VOLUMÉTRICAS Y MECÁNICAS EVALUADAS

### 4.1 Propiedades volumétricas, tracción indirecta y daños por humedad

En Tabla 5 se muestran los resultados volumétricos, tracción indirecta y daño por humedad (evaluado según la metodología definida en la norma AASHTO T-283).

Los micro aglomerados “tibios” con y sin RAP presentan buen comportamiento, superando en todos los casos el valor

equipo consiste en una rueda con un revestimiento de goma maciza cargada con 705 N que se desplaza con movimiento alternativo en un recorrido de 230 mm sobre una muestra de la mezcla en estudio a razón de 26,5 ciclos por minuto.

La profundidad de huella es medida como el promedio de 25 mediciones equidistantes a lo largo de  $\pm 5$  cm del centro de la probeta.

La duración y la temperatura de ensayo son de 10.000 ciclos y 60°C, respectivamente.

Los resultados se informan como las Pendientes de Ahuellamiento o Wheel Track Slope (WTS) calculadas de la siguiente

## La opción WAM-RAP para el diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones

te forma:

$$\text{Pendiente de ahuellamiento (WTS)} = D_{10000} - D_{5000} / 5$$

[mm/10<sup>3</sup> ciclos de descarga]

Donde D<sub>10.000</sub> es la profundidad de huella a los 10.000 ciclos de carga en mm y D<sub>5000</sub> es la profundidad de huella a los 5000 ciclos de carga en mm.

La profundidad de huella o Proportional Rut Depth (PRD) es calculada como el porcentaje de profundidad de huella res-

pecto del espesor inicial de la probeta.

Las probetas se moldearon utilizando el compactador de rodillo según EN 12697-33 y en todos los casos, las mezclas con material reciclado resultan menos deformables.

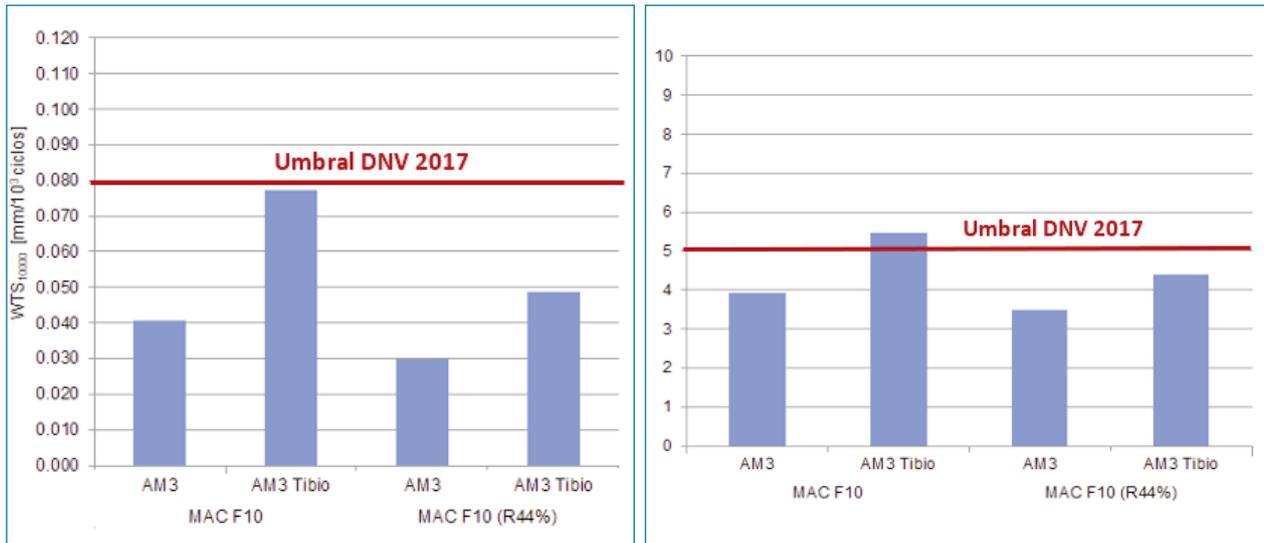
En Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos con ambas mezclas MAC F10 y MAC F10 (R44%) utilizando ligantes AM3 y AM3 LT y en Figuras 2 y 3, los valores comparativos:

**Tabla 5. Propiedades volumétricas y resultados de tracción indirecta y daño por humedad**

		MAC F10		MAC F10 (R44%)	
		AM3	AM3 LT	AM3	AM3 LT
T° de compactación	°C	160	120	160	120
Contenido de ligante virgen /mezcla	%	5,0	5,0	2,7	2,7
GPC	---	50	50	50	50
Da prom	g/cm <sup>3</sup>	<b>2,370</b>	<b>2,358</b>	<b>2,391</b>	<b>2,361</b>
D Rice	g/cm <sup>3</sup>	<b>2,498</b>	<b>2,489</b>	<b>2,510</b>	<b>2,499</b>
% Vacíos promedio	%	<b>5,1</b>	<b>5,3</b>	<b>4,7</b>	<b>5,5</b>
VAM (DNV) promedio	%	17,0	17,1	16,7	17,3
RBV (DNV) promedio	%	69,8	69,1	71,6	68,1
Resistencia a Tracción Indirecta promedio	kPa	<b>1102</b>	<b>885</b>	<b>968</b>	<b>689</b>
Relación Filler / Asfalto (en peso)	--	1,5		1,6	
GPC	---	22	32	22	25
Resistencia conservada (Daño por humedad)	%	100	91	85	83

**Tabla 6. WTT para MAC F10 y MAC F10 (R44%) con AM3 y AM3 LT**

Mezcla	MAC F10		MAC F10 (R44%)	
	AM3	AM3 Tibio	AM3	AM3 Tibio
T° de mezclado	170	170	170	170
T° compactación	150	120	150	120
T° de ensayo	60	60	60	60
Profundidad de huella [mm]	2,0	2,7	1,7	2,2
PRD <sub>10000</sub> [%]	3,9	5,5	3,5	4,4
WTS <sub>10000</sub> [mm/10 <sup>3</sup> ciclos]	0,041	0,077	0,030	0,049



Figuras 2 y 3 Comparativa valores WTT para MAC F10 y MAC F10 (R44%) con AM3 y AM3 LT

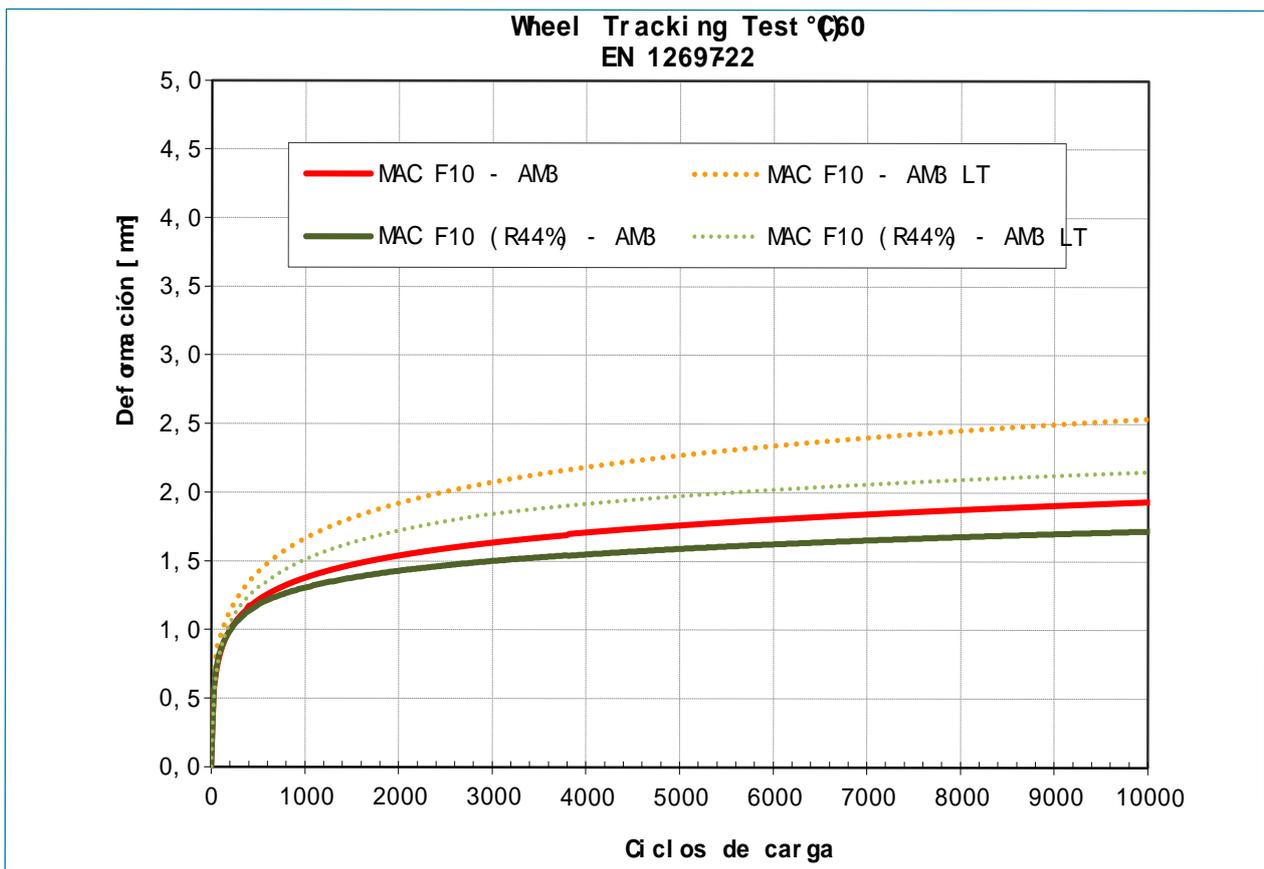


Figura 4. Evolución de las deformaciones con los MAC F10 y MAC F10 (R44%) con ligantes AM3 y AM3 LT

En Figura 4, se muestran los gráficos de evolución del ensayo de WTT para los 4 micro aglomerados evaluados.

#### 4.3 Verificación al WTT de Hamburgo (AASHTO T-324)

Mediante este ensayo es posible medir el efecto combinado de las deformaciones y el daño causado por el agua a una mezcla asfáltica.

# La opción WAM-RAP para el diseño de mezclas asfálticas de altas prestaciones

tica sumergida en un baño de agua a una determinada temperatura, en este caso, 50 °C.

Durante el ensayo se registra la curva Deformación – Número de pasadas de la rueda, la cual en general presenta dos rectas con pendientes bien diferenciadas. Una es la pendiente de deformación (creep slope) la cual permite evaluar la susceptibilidad al ahuellamiento. La segunda pendiente es conocida como “stripping slope” o pendiente de descubrimiento e indica la acumulación de deformación inducida por el daño producido por el agua.

El punto de inflexión entre las dos pendientes conocido como Punto de Descubrimiento (Stripping Point) corresponde al número de pasadas de rueda donde comienzan a ser evidentes los daños por humedad y que debe superar las 10.000 pasadas y la profundidad de huella o deformación mantenerse por debajo de 12.5 mm.

En la Figura 5 se presentan la comparativa de evolución de los 4 micro aglomerados evaluados MAC F10 y MAC F10 (R44%) utilizando ligantes AM3 y AM3 LT, los cuales muestran un excelente comportamiento.

La mezcla MAC F10 (R44%) acumula menos deformación al final del ensayo que las mezcla MAC F10 con agregados vírgenes, cuando se utiliza ligante AM3.

## 5. CONCLUSIONES

Como continuación de diferentes trabajos presentados por los autores en anteriores congresos de la especialidad, el presente documento comparte los resultados de laboratorio obtenidos en la evaluación de dos mezclas del tipo micro aglomerado asfáltico en caliente MAC F10 y MAC F10 (R44%), esta última conteniendo 44% de RAP proveniente de una SMA a base de ligante modificado de 14 años de vida útil. Los ligantes utilizados para ambos han sido: modificado del tipo AM3 (IRAM 6596) y su “variante” “tibia”, denominado AM3 LT.

El objetivo es observar el comportamiento mecánico de las mezclas a los efectos de evaluar la sensibilidad de éstas ya sea por el uso del RAP “modificado” y/o de los ligantes LT, en busca de variantes

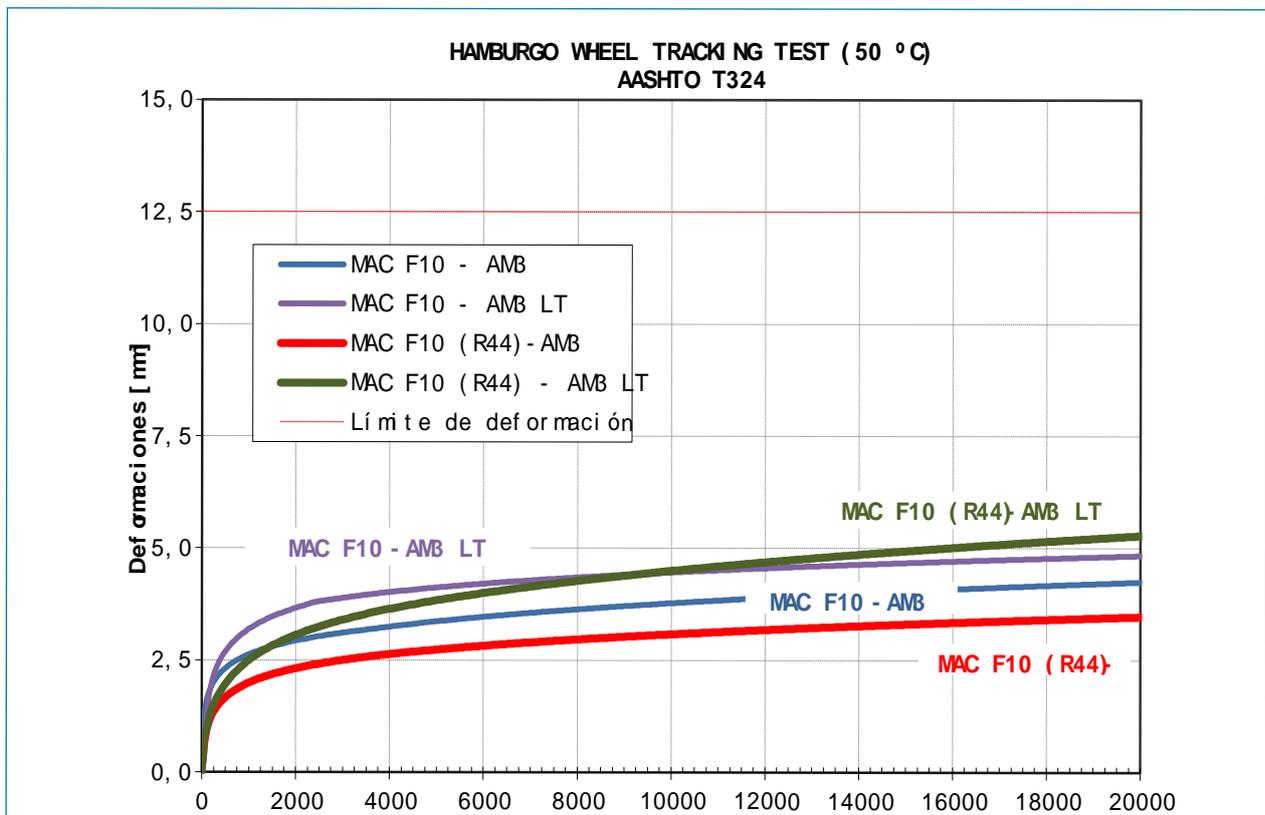


Figura 5: Comparativa de evolución en el Hamburgo Test para MAC F10 y MAC F10 (R44%) con la utilización de ligantes AM3 y AM3 LT

En las mezclas ensayadas, no se alcanza en ningún caso el límite de deformación ni se producen efectos de daño por humedad.

de menor impacto ambiental y de, al menos, la misma performance.

Las conclusiones pueden resumirse como sigue:

- Respecto al daño por humedad, ambas mezclas con RAP (versión AM 3 y AM3 LT) presentan un buen comportamiento, superando en todos los casos el valor límite del 80% exigido.
- La resistencia al ahuellamiento mejora ligeramente por el uso de RAP en las mezclas con ligante AM3. En los casos de utilización de ligante AM3 LT, el comportamiento entre la mezcla con áridos vírgenes y la mezcla con RAP, es muy similar.
- En el ensayo de Hamburgo, las mezclas ensayadas no alcanzan en ningún caso el límite de deformación ni se producen efectos de daño por humedad. La mezcla MAC F10 (R44%) acumula menos deformación al final del ensayo que la mezcla MAC F10 con agregados vírgenes, cuando se utiliza ligante AM3.
- La combinación de tasas importantes de RAP (sobre todo si proviene de mezclas con ligante modificados) con el uso de tecnologías WAM, permitirían la fabricación y puesta en obra de capas de rodamiento de altas prestaciones con similar performance que las obtenidas con agregados vírgenes.
- En el caso de mezclas tibias, parte del diseño serán las reducciones de temperaturas que permitan lograr mezclas de calidad. Esto es especialmente importante en el caso de mezclas de bajos espesores con altos contenidos de RAP.

El uso de tasas crecientes de RAP permite un importante ahorro ambiental que debemos ponderar adecuadamente.

Al reutilizar recursos no renovables se reduce la cantidad de agregado pétreo que debe ser obtenido y transportado de canteras o yacimientos y, en función de la calidad remanente del ligante del RAP, puede reducirse también la cantidad y calidad del ligante virgen a incorporar.

Este trabajo y los anteriores presentados con esta temática contienen resultados que permiten apreciar estas tecnologías como técnica y económicamente convenientes.

Como parte de estos estudios, actualmente se está estudiando la incidencia en la matriz técnico-económica-ambiental, de las variables asociadas con las energías de mezclado y tiempos de almacenamiento de mezclas que incorporen altas tasas de RAP proveniente de pavimentos con ligantes modificados con polímeros, resultados que formarán parte de futuras publicaciones.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Jair, M.R., Marcozzi, R.G., Morea, F. "Mezclas asfálticas sustentables: la opción WAM-RAP". XVIII° Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto – Noviembre de 2015.
- [2] Marcozzi, R.G., Jair, M.R., Ibarra, A. "Mezclas asfálticas sustentables WAM con RAP de asfalto especial". XIX° Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto – Noviembre de 2017.
- [3]. "Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Micro Aglomerados en Caliente". Dirección Nacional de Vialidad Versión 2017.
- [4] "Asfaltos Modificados para Uso Vial, Clasificación y Requisitos". Instituto Racionalización Argentino de Materiales, Norma IRAM 6596 Versión 2016.



EVENTOS  
VR / 3D

## EVENTOS EN REALIDAD VIRTUAL 3D

itafec incorpora la tecnología de realidad virtual (VR / 3D) a los eventos técnicos para conectar mejor a los profesionales del sector. Ahora el contacto personal, gracias a un avatar personalizado, es perfectamente posible así como las acciones comerciales, el desarrollo de stands virtuales, reuniones privadas, etc... y todo ello con un sonido 3D totalmente compatible con emisión en streaming HD.

**1 Conferencias**    **2 Exposiciones**    **3 Networking**

Estands virtuales multimedia · e-posters · presentaciones interactivas · encuentros profesionales · salas de reuniones online · auditorios virtuales · aulas digitales · espacios lúdicos y formales para interacción y networking · agenda digital de contacto de asistentes

 **itafec.com, motor de transformación digital**

[realidadvirtual@itafec.com](mailto:realidadvirtual@itafec.com)

# Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

En esta sección se lista la actualización de la legislación y otras disposiciones, las normas EN que se han publicado, así como las nuevas normas que se han incluido para su revisión y que se encuentran en proyecto, para diferentes materiales relacionados con las mezclas bituminosas (áridos, ligantes bituminosos y mezclas).

En esta entrega se recoge el listado de normas desde el 11 de noviembre de 2020 hasta el 19 de febrero de 2021.

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

### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-pr EN 12847 (Última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación de la tendencia a la sedimentación de las emulsiones bituminosas.
- **PNE-pr EN 12850 (Última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del pH de las emulsiones bituminosas.
- **PNE-prEN 13614 (Última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de las emulsiones bituminosas por inmersión en agua.
- **PNE- prEN 14023 (Última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Estructura de especificaciones de los betunes modificados con polímeros
- **PNE-pr EN 17643 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación de la temperatura del módulo de corte equidistante utilizando un reómetro de corte dinámico (DSR). Ensayos BTSV

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

### NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE 41201 IN (Publicada en noviembre 2020).** Características superficiales de carreteras y aeropuertos. Procedimiento de medición del coeficiente de rozamiento transversal (CRT) con equipo SCRIM

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

### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 12697-1 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble
- **PNE-EN 12697-2/prA1 (última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas
- **PNE-EN 12697-6 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas
- **PNE-prEN 12697-7 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 7: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas mediante rayos gamma
- **PNE-EN 12697-11 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 11: Determinación de la afinidad entre áridos y betún.
- **PNE-EN 12697-14 (última publicación año 2001). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 14: Contenido de agua

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

#### NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 12697-15 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 15: Determinación de la sensibilidad a la segregación
- **PNE-EN 12697-19 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 19: Permeabilidad de las probetas
- **PNE-EN 12697-20 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 20: Ensayo de indentación utilizando probetas cúbicas o Marshall
- **PNE-EN 12697-21 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 21: Ensayo de indentación utilizando probetas planas
- **PNE-EN 12697-22 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Ensayo de rodadura
- **PNE-EN 12697-25 (última publicación año 2016). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 25: Ensayo de compresión cíclico
- **PNE-EN 12697-28 (última publicación año 2001). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 28: Preparación de muestras para la determinación del contenido de ligante, contenido de agua y granulometría
- **PNE-EN 12697-29 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 29: Determinación de las dimensiones de las probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-34 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 34: Ensayo Marshall
- **PNE-prEN 12697-36 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 36: Determinación del espesor de pavimentos bituminosos
- **PNE-prEN 12697-37 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 37: Ensayo de arena caliente para determinar la adhesividad del ligante sobre la gravilla preenvuelta para HRA
- **PNE-prEN 12697-38 (última publicación año 2006). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 38: Equipos comunes y calibración
- **PNE-EN 12697-39 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 39: Contenido de ligante por ignición
- **PNE-EN 12697-40 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 40: Drenabilidad in situ
- **PNE-prEN 12697-41 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 41: Resistencia a los fluidos de deshielo
- **PNE-EN 12697-42 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 42: Cantidad de materia extraña en asfalto recuperado
- **PNE-EN 12697-45 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 45: Ensayo de rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)
- **PNE-EN 12697-46 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 46: Fisuración y propiedades a baja temperatura mediante ensayos de tracción uniaxial
- **PNE-prEN 12697-48 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 48: Adherencia entre capas
- **PNE-prEN 12697-49 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 49: Determinación del rozamiento tras el pulido
- **PNE-CEN/TS 12697-50 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 50: Resistencia al desgaste
- **PNE-EN 12697-53 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 53: Incremento de la cohesión por el método de la esparsión
- **PNE-EN 12697-54 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-EN 12697-55 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 55: Evaluación organoléptica de la compatibilidad de los materiales constituyentes de una mezcla con emulsión de betún
- **PNE-EN 12697-56 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte

## MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 41/SC-2)

## NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- 56: Preparación de muestras mediante compactación estática
- **PNE-EN 13036-5 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
  - **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
  - **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
  - **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
  - **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
  - **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
  - **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
  - **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
  - **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
  - **PNE-EN 13108-31 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
  - **PNE-EN 13285 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas de áridos sin ligante. Especificaciones
  - **PNE-prEN 14188-2 (última publicación año 2005). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado de juntas. Parte 2: Especificaciones para productos de sellado aplicados en frío
  - **DIN EN 17392-1 (norma nueva). ESTADO: ACTIVO** Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for road materials - Part 1: Bituminous mixtures; German and English version prEN 17392-1:2020 / Note: Date of issue 2020-03-13
  - **PNE 41265-2 IN (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 2: Prefisuración de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos

## ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

## NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 932-3 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada
- **PNE-EN 933-2 (última publicación año 1999). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
- **PNE-prEN 933-5 (última publicación año 1999). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de partículas trituradas en áridos naturales gruesos e integrados
- **PNE-prEN 933-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 6: Evaluación de las características superficiales. Coeficiente de flujo de los áridos
- **PNE-prEN 933-9 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno
- **PNE-EN 1097-2 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
- **PNE-prEN 1097-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua

### ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

#### NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 1097-7 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 7: Determinación de la densidad real del filler. Método del picnómetro
- **PNE-EN 1097-8 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado
- **PNE-prEN 1744-4 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 4: Determinación de la sensibilidad al agua de los materiales de relleno para mezclas bituminosas
- **BS-EN 16236 (Norma nueva). ESTADO: BAJO REVISIÓN EN 2018 EN BSI** Assessment and Verification of the Constancy of Performance (AVCP) of aggregates. Type testing and Factory Production Control.
- **PNE-CEN/TS 17438 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Origen de los materiales considerados en el desarrollo de las normas de áridos del CEN/TC 154

### COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Solamente se ha producido la publicación de una norma que corresponde a la UNE 41201 para la medida del coeficiente de rozamiento transversal CTR.

En cuanto a las normas que se están revisando destacar las siguientes:

- Normas para caracterización de emulsiones entre las que se encuentran la determinación del pH EN 12850 y sedimentación EN 12847
- En mezclas bituminosas se han incorporado la norma para la determinación de la densidad por rayos gamma EN 12697-7, la norma para la medida del espesor de los pavimentos bituminosos EN 12697-36, la norma sobre equipos comunes y calibración EN 12697-38 y la de resistencia a los fluidos de deshielo EN 12697-41
- En áridos se han incorporado en proyecto la norma EN 932-3 sobre terminología para la descripción petrográfica simplificada, el método EN 933-5 para determinar el porcentaje de partículas trituradas y la norma de ensayo de azul de metileno EN 933-9. Destacar también los métodos para determinar la densidad de partículas y absorción de agua y del filler según las normas EN 1097-6 y EN 1097-7 respectivamente.

# NOTA TÉCNICA NT 03/2020 Sobre el empleo de árido siderúrgico en firmes y pavimentos

Esta Nota Técnica se encuentra alineada con el Plan de Acción en Economía Circular promovido por la Comisión Europea, que incluye orientaciones para que los Estados miembros establezcan mecanismos para la valorización de residuos en el mercado.

El objetivo concreto de su redacción es, entre otros aspectos, aclarar la interpretación que en el PG3 y la Orden Circular 3/2019 se hace sobre el empleo de este tipo de material, marcando además unas directrices técnicas.

Entre los puntos a destacar de la Nota Técnica se encuentran los siguientes:

- Incluye expresamente la definición de árido artificial en el que se englobarían los áridos siderúrgicos
- Menciona los diferentes artículos de la parte 5 del PG-3 así como de la OC 3/2019, en los que se incluye la referencia de áridos "artificiales".
  - o Zahorras (Artículo 510)
  - o Microaglomerados en frío (Artículo 540)
  - o Mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso (Artículo 542)
  - o Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Artículo 543)
  - o Mezclas bituminosas tipo SMA (OC 3/2019)
  - o Pavimentos de hormigón (Artículo 550)
  - o Hormigón magro vibrado (Artículo 551)
- Describe los diferentes procesos industriales a partir de los cuales se obtienen las escorias consideradas como áridos siderúrgicos
- Consideraciones y recomendaciones para el empleo de las escorias en mezclas bituminosas destacando los siguientes puntos a tener en cuenta:
  - o Las escorias deberán disponer del Marcado CE
  - o Debido a su elevada densidad, la composición granulométrica se determinará de forma volumétrica y no de forma ponderal. Se puede convertir en ponderales utilizando como factor de corrección la densidad aparente de las partículas de cada fracción de árido y pol-

vo mineral.

o Debe tenerse en cuenta la capacidad de absorción de este tipo de áridos para una dosificación adecuada del contenido óptimo de ligante en la mezcla bituminosa

o Por las características de las escorias en cuanto a su densidad y capacidad de absorción, a causa de su origen y de los procesos de enfriamiento a que son sometidas, se debe verificar en planta el proceso de fabricación de la mezcla diseñada en laboratorio ajustando parámetros como tiempos de envuelta, calentamiento de los áridos y ligante

- Para la puesta en obra se deberá considerar las propiedades termo-físicas con el objetivo de ajustar las temperaturas tanto de fabricación como de inicio y final de compactación

También define, a igualdad de factores que otros tipos de áridos, una serie ventajas y desventajas para el uso de las escorias.

Como ventajas

- La forma y textura del árido proporciona, superficies con elevados coeficientes de rozamiento
- Las mezclas son poco sensibles a la acción el agua por la gran afinidad árido ligante, son muy resistentes a las deformaciones plásticas, con módulos elevados, mayores resistencias a tracción y a la fisuración térmica a bajas temperaturas
- Las propiedades termo-físicas de las escorias, contribuyen a una menor tasa de enfriamiento, lo que permite incrementar las distancias y tiempos de transporte, así como prolongar la acción de los equipos de compactación
- Se hace referencia a que en bibliografía especializada se ha publicado que la forma del árido siderúrgico contribuye a reducir el ruido de rodadura

Entre las desventajas

- El riesgo de potenciales expansiones a causa de la pre-

sencia de CaO y MgO libres

- Debido a la densidad de los áridos y con ello de la mezcla, es necesario emplear una mayor cantidad de mezcla bituminosa para un mismo espesor
- Aumento de la cantidad de ligante por la capacidad de absorción del árido
- El aumento de la demanda energética en la planta de fabricación por la mayor capacidad térmica del árido

Se definen también las aplicaciones y tipos de mezclas en las que resulta beneficioso el empleo de áridos siderúrgicos:

- Capas de rodadura en vías de alta intensidad de tráfico especialmente en mezclas tipo BBTM, PA, SMA, AUTL

- Capas intermedias más rígidas al presentar las mezclas un mayor módulo ofreciendo un incremento de la capacidad estructural
- Mezclas sonoredutoras favorecidas por la forma cavernosa y textura de los áridos contribuyendo a la reducción del ruido de rodadura

La Nota Técnica se completa con un anexo que recoge una propuesta sobre la forma en la que incorporar a los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares en los proyectos, el uso de árido siderúrgico

#89

### AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“La reducida dotación de las mezclas asfálticas ultradelgadas (AUTL) permite maximizar la valorización de residuos industriales como áridos siderúrgicos, al reincorporarlos como materia prima en capas de alta fricción.” (Nota Técnica 03/20 Empleo de áridos siderúrgicos)

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE

# Noticias del sector

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

## ASEFMA ha advertido del grave déficit acumulado en producción de mezclas asfálticas y firmes de carreteras

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) anunció el pasado 4 de febrero en rueda de prensa que la industria española del asfalto ha cerrado 2020 con una caída del 10% respecto al ejercicio precedente. ASEFMA ha anunciado una caída del 10,1% en el consumo de betún en España para mezclas asfálticas en 2020 y ha advertido del grave déficit acumulado. La estimación de 17 millones de toneladas de mezcla bituminosa producida en el 2020 supone el fin de la ligera tendencia alcista iniciada en 2016 y representan el 52,3 % de lo que correspondería producir a España para cubrir las necesidades de su red de carreteras.

El máximo representante de ASEFMA también advirtió de la situación más grave en la que puede verse sumido el sector: “En el año 2020 la falta de licitación ha provocado el desplome de la cartera de obras”, afirmó. “Si en este primer semestre del año no se concretan nuevas e importantes inversiones en refuerzo de firmes entraremos en el escenario más pesimista: una nueva caída superior al 10% también para este 2021”.

“Por la longitud de su red de carreteras, tráfico y clima, España debería producir 32,5 millones de toneladas de asfalto”, explicó Juan José Potti. Eso significa que se encuentra en situación de déficit desde 2010 con un acumulado de 136,6 millones de toneladas. Dicho déficit se corresponde con el que sufren las carreteras españolas en su elemento más importante: el firme y que la Asociación Española de la Carretera ha cuantificado en 7.008 millones de euros.

Dicha rueda de prensa se celebró virtualmente e intervinieron: Juan Lazcano, presidente de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC) y de la Asociación Española de la Carretera (AEC); y Javier Herrero, Director

General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).

Juan Lazcano expresó durante su presentación que la producción del sector de la construcción cayó un 14,28% en el tercer trimestre del 2020, la licitación un 28,7% y la contratación un 43%. Por su parte, la licitación de la Dirección General de Carreteras del MITMA cayó un 63%: “en el presupuesto fallido de 2020 se contemplaba una inversión 10.738 millones de euros”, sentenció.

“La industria de la carretera afronta el ejercicio actual con la certeza de que ni tan siquiera los fondos europeos del programa Next Generation van a aliviar la situación de las entidades que operan en el marco de las infraestructuras viarias”, afirmó Lazcano. No obstante, recordó que uno de los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) relacionados con la movilidad conectada y autónoma incluye actuación sobre los firmes: “la digitalización de la carretera requiere con carácter previo una adaptación física de pavimento”.

“El presupuesto de conservación de carreteras es en estos momentos de 1.050 millones de euros, superior al de los dos últimos años”, expresó en su intervención Javier Herrero, Director General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. “La conservación comienza a tener el valor que se merece y trabajaremos para que este crecimiento tenga carácter de sostenibilidad en el tiempo”. En referencia al presupuesto de fondos europeos afirmó que “hemos intentado que en el programa de movilización de recursos que la carretera tuviera un lugar preponderante, pero no lo hemos conseguido”. Sin embargo sí van a financiarse medidas de protección acústica donde los pavimentos fonoabsorbentes podrían tener cabida.

### El 7th Eurasphalt & Eurobitume Congress se celebrará en modalidad virtual en junio de 2021

“Debido a la pandemia del coronavirus se tomó la decisión de posponer el congreso E&E Congress, previsto inicialmente para celebrarse en Madrid en mayo de 2020, hasta el segundo trimestre de 2021”, han expresado en un comunicado los organizadores del séptimo congreso de Eurasphalt y Eurobitume. “Para asegurar la viabilidad del evento, la única opción disponible era cambiar el Congreso E&E Madrid a una plataforma virtual”. En este sentido, la nueva fecha aprobada para la celebración del evento será del 15 al 17 de junio de 2021 en modalidad virtual, un formato que fue propuesto por el propio presidente de ASEFMA y miembro del comité organizador del congreso Juan José Potti atendiendo a las experiencias de jornadas en VR/3D previamente desarrollados por la asociación y entidades colaboradoras.

Los organizadores también han informado de que ampliarán información a las personas y entidades inscritas cuya participación en el evento ya estaba confirmada: “en las próximas semanas proporcionaremos más detalles a los participantes confirmados, expositores, ponentes y autores de pósters y comunicaciones aceptadas”.

El 7th Eurasphalt & Eurobitume Congress, que coorganiza cuatrienalmente EAPA y Eurobitume, se celebrará por primera vez en su historia en modalidad virtual. Bajo el lema “asfalto 4.0 para la movilidad del futuro”, el programa del congreso incluye entre sus temas principales los últimos avances en I+D+i aplicados a mezclas bituminosas, las carreteras del futuro y la movilidad inteligente, así como la conservación de carreteras.

También tiene prevista la organización la realización de una exposición virtual, donde las empresas participantes podrán presentar sus últimos proyectos, productos innovadores y servicios.

Con esta iniciativa, los organizadores del E&E Congress siguen la línea de otros eventos del sector organizados desde España que han pasado a modalidad virtual VR / 3D, como la XV Jornada Nacional de ASEFMA, innovacarretera 2020 organizada por la PTCarretera, o el interCILA 2020 organizado por ITAFEC.

### El Consell de Mallorca aprueba la instrucción para la elaboración de proyectos y ejecución de unidades de obra sostenibles

La Dirección Insular de Infraestructuras del Consell de Mallorca da un paso más en su compromiso para eliminar las actuales barreras técnicas que limitan la sostenibilidad en la construcción de nuevas infraestructuras y mantenimiento de las existentes. Para ello ha creado una nueva normativa técnica denominada “Instrucciones generales para la elaboración de proyectos y ejecución de unidades de obras”, que será utilizada por los técnicos de las obras promovidas por el Consell.

Dicho pliego de prescripciones técnicas se ha redactado atendiendo a la experiencia existente sobre mezclas bituminosas que incorporan residuos y mezclas semicalientes y tiene como objetivo asegurar que “la calidad final es la prevista por el proyecto” y que este “contribuye efectivamente a la sostenibilidad”. En este sentido establece que para que una mezcla adquiera la categoría de sostenible:

- Ha de incorporar en su fabricación residuos generados por diferentes sectores como son los Neumáticos en el Final de su Vida Útil (en adelante NFVU) y/o el Residuo generado en el Fresado de las Mezclas Bituminosas.
- Debe fabricarse a la menor temperatura posible.

El documento aprobado recoge la normativa vigente europea, nacional y local, y no incorpora ninguna especificación no contemplada en la normativa de aplicación en España. En esencia esta normativa redactada por el Consell selecciona de la normativa vigente las mezclas bituminosas con eminentemente carácter sostenible, que a su vez son las mezclas bituminosas de mayor durabilidad y confort para el usuario de la carretera.

### ASEFMA lanza su calendario 2021 destacando la función esencial de la carretera durante la pandemia del COVID-19

La entidad que representa a los fabricantes españoles de asfalto recuerda cada mes cuál era la situación que se estaba viviendo en España hace exactamente un año en relación con la pandemia producida por el virus SARS-CoV-2.

Como en anteriores ediciones, apoya los textos principales de su calendario en imágenes de gran impacto, incorpora "Asphalt Advantages" e incluye eventos destacados.

"La carretera ha sido servicio esencial" declara el calendario. Los fabricantes españoles de mezclas asfálticas destacan el valor de la carretera durante la crisis producida por el COVID-19 en 2020 desde los primeros brotes y durante sus etapas de confinamiento y estabilización. La carretera fue fundamental durante la crisis del coronavirus para garantizar el abastecimiento a la población de alimentos, medicinas y bienes básicos durante las fases más duras de la pandemia, así como para garantizar la movilidad de los ciudadanos en condiciones de máxima seguridad para los viajeros.

"Cortar las carreteras significa el final de la libertad", apunta ASEFMA en su calendario 2021. "Tanto si la prioridad es la salud como si lo es la economía la carretera es la única infraestructura de transportes capaz de garantizar el progreso socioeconómico". En esta línea, cabe recordar el Plan de Carreteras Seguras, Verdes y Conectadas de la AEC para superar la crisis del COVID-19 y la guía de actuación frente al COVID-19 para el sector de la pavimentación asfáltica desarrollada por ASEFMA.

Entre los eventos señalados en el calendario destaca la XI Jornada de Ensayos (11 de marzo), el Día Internacional de la Conservación de Carreteras (1 de abril), la II Jornada Digital de ASEFMA (27 de mayo), el séptimo congreso Eurasphalt & Eurobitume (E&E Congress 2021, del 15 al 17 de junio), el Día Mundial de la Carretera (11 de octubre) y la XVI Jornada Nacional de ASEFMA (20 y 21 de octubre).

## PT Carretera pública un número de la colección de cuadernos tecnológicos

La colección de publicaciones "Cuadernos Tecnológicos de PT Carretera" surge de los convenios de colaboración que la Plataforma mantiene con un importante número de instituciones académicas activas en la I+D+i en materia de infraestructuras viarias. Cada Cuaderno se incardina dentro de alguna o varias de las temáticas y sub-temáticas de la vigente Agenda Estratégica de Investigación de la Carretera en España (2011-2025).

Este tercer número es del INTRAS, Instituto Universitario de Investigación en Tráfico y Seguridad Vial – Universidad de Valencia y se titula: "Enseñanzas para la gestión de la ac-

cidentalidad en emplazamientos peligrosos en las carreteras". Los accidentes de tráfico constituyen uno de los principales problemas de salud prácticamente en la totalidad de países del mundo, con independencia de su nivel de desarrollo. En este sentido, y aunque las cifras cuantitativas y cualitativas sobre las consecuencias de la accidentalidad viaria se aportarán más adelante en la medida en que sean aleccionadoras y de interés, es muy importante comenzar destacando la idea de que la ciudadanía en general debe concienciarse de las consecuencias que la movilidad supone para cualquier sociedad, y que la única forma admisible de entender la movilidad es aquella que sea segura.

## La FAEC ha entregado su VIII Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo

La Fundación de la Asociación Española de la Carretera (FAEC) celebró el pasado 26 de noviembre la "VIII Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo".

El acto, en parte presencial y en parte online, estuvo presidido por Juan Francisco Lazcano, Presidente de la Fundación. Junto a él, Jacobo Díaz, Secretario de esta entidad y del Jurado, fue el encargado de leer el fallo.

En esta octava edición, el galardón ha recaído en el proyecto "Sistema integral para el mantenimiento eficiente de pavimentos urbanos (SIMEPU)", cuya autoría corre a cargo de un equipo multidisciplinar de profesionales del mundo universitario y la empresa representado por Eugenio Pellicer y Roberto Paredes, ambos pertenecientes a la Universidad Politécnica de Valencia, y Jesús Felipo y Juan Sánchez-Robles, de las compañías Pavasal Empresa Constructora y CPS Infraestructuras Movilidad y Medio Ambiente, respectivamente.

Todos ellos también estuvieron presentes en el acto, así como Jorge Sacristán, Director Comercial de Banco Caminos, que junto a Lazcano quien hizo la entrega del premio a los ganadores.

El Jurado concedió además un Accésit al trabajo "Estudio de riegos asfálticos de liga entre capas asfálticas para rehabilitación de pavimentos flexibles fresados", cuyo autor es el investigador argentino José Julián Rivera.

Rivera se dirigió a los participantes en el acto desde su país natal a través de Internet, aunque estuvo representado en la sala por la Secretaria de la Embajada de Argentina en España, M<sup>a</sup> Agustina Meda, que fue la encargada de recoger el galardón.

El resto de invitados y participantes participaron de forma telemática a través de la sala virtual de la AEC. Entre ellos, el Presidente del Jurado de esta octava edición del Premio, Félix Edmundo Pérez, quien en su intervención destacó las importantes aportaciones del estudio a la conservación de los pavimentos detallando algunas de las claves del mismo.

El Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo está dotado con una cuantía de 12.000 euros para la investigación ganadora y sus autores, además, se verán recompensados con la publicación del documento en una edición especial de colección de la FAEC.

### La DGT publica un informe sobre “Siniestralidad mortal a 24h en vías interurbanas”

El pasado 7 de enero la Dirección General de Tráfico presentaba un informe sobre "Siniestralidad mortal a 24h en 2020 en VÍAS INTERURBANAS. Son Datos provisionales del Observatorio Nacional de Seguridad Vial"

Para un año excepcional, como consecuencia de la pandemia por COVID-19, se resumen las principales cifras referidas a los fallecidos a 24h en vías interurbanas en 2020:

- Los fallecidos en vías interurbanas y los movimientos de largo recorrido presentan descensos similares respecto a 2019: -21% y -25%, respectivamente.
- Se alcanza el mínimo histórico con 870 fallecidos (-231). Es la primera vez que se registran menos de 1000 fallecidos a 24h en carretera (el mínimo anterior fue 1.101 en 2019), y el dato de 2020 es un 21% inferior al de 2019.
- Se registraron 59 días con 0 fallecidos, frente a 30 en 2019.
- El promedio diario de fallecidos fue de 2,4 (frente a 3 en 2019).

# XV Jornada Nacional de ASEFMA

El fresado procedente de pavimentos asfálticos fue el eje central de la pasada Jornada Nacional de ASEFMA que se desarrolló en diciembre de 2020 en una modalidad mixta online: streaming HD y virtual VR/3D. El objetivo de analizar el modo más adecuado de reutilizar dicho fresado bajo la óptica de la economía circular y de establecer el fin de residuo, en esta decimoquinta edición consideró la experiencia existente del sector a nivel nacional e internacional, los compromisos y plazos derivados del Acuerdo de París (COP21), las nuevas orientaciones sobre la movilidad de nuestra sociedad y las exigencias derivadas de los aspectos relativos al medio ambiente y a la sostenibilidad.

Académicos, técnicos y profesionales del asfalto así como administraciones de carreteras hablaron durante dos días sobre sostenibilidad, economía circular y gestión de residuos en materia de pavimentos asfálticos, atendiendo a un programa técnico estructurado en cuatro sesiones y coordinado por los doctores ingenieros Ángel Sampedro y María Carmen Rubio:

- Sesión 1: La gestión de residuos y la economía circular; aplicada al material fresado procedente de pavimentos asfálticos
- Sesión 2: Debate sobre la experiencia de varias administraciones de carreteras en el tratamiento del fresado procedente de pavimentos asfálticos
- Sesión 3: Comunicaciones libres
- Sesión 4: Influencia del estado de conservación del pavimento en las emisiones generadas por los vehículos

Además, durante la XV Jornada Nacional de ASEFMA se entregaron los premios:

## Premio a la Mejor comunicación técnica

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) otorgó el premio a la "mejor comunicación 2020" al grupo Eurovia. La entrega del galardón al equipo de investigación, en el que participaban Nuria Uguet, Teresa Marín, Alfonso Pérez, Yannick Marquet, Olivier Petry,

Jacques-Antoine Decamps y Nathalie Paquet.

El trabajo "La carretera 100% reciclada" destacó entre 18 investigaciones, de alta calidad técnica, que concurrían por el reconocimiento nacional de la entidad que representa a los fabricantes españoles de asfalto. Fue seleccionada por su rigor científico, innovación, impacto sobre el sector y calidad expositiva.

La comunicación carretera 100% reciclada propone una novedosa metodología de fabricación que permite, por primera vez a nivel mundial, la elaboración de una mezcla asfáltica en caliente empleando un 100% de material obtenido del fresado de carreteras como materia prima mineral. Esta tecnología, según se explica en el trabajo presentado, se ha aplicado en todas las capas (base, intermedia y rodadura) de un tramo de la autovía de alta intensidad de tráfico (Pons/ Saint-Aubin-de-Blaye de la autopista A10 de la red ASF de Vinci Autopistas) con excelentes resultados.

Gracias a esta operación, Eurovia y su socio Marini-Ermont validaron un concepto de producción ecológica desarrollado en un plazo de dos años. Los equipos técnicos y de investigación pusieron en práctica las competencias adquiridas en el reciclado desde hace más de quince años para desarrollar ensayos sobre ligantes y mezclas que permiten formular productos duraderos y conformes a las especificaciones. "El éxito de esta operación demuestra que es posible la producción de mezclas con muy altas tasas de reciclado y debe servir para incrementar el empleo de este tipo de soluciones, imprescindibles para la industria vial", explicó Nuria Uguet investigadora del proyecto durante la presentación del mismo en la XV Jornada Nacional de ASEFMA.

Las seis investigaciones finalistas al Premio Mejor Comunicación Libre.

## Premio MPA a las Mejores Prácticas Ambientales

ASEFMA resolvió con un triple empate el Premio 2020 "Mejores Prácticas Ambientales" (MPA) en el ámbito de la

fabricación, extendido, aplicación y transporte de mezclas asfálticas. Repsol, Sorigué y UAX.

El Premio MPA 2020 reconoce el valor medioambiental para el sector de las declaraciones ambientales de producto de ligantes bituminosos presentadas por REPSOL. La compañía multienergética ha desarrollado distintas acciones que le posicionado como el primer fabricante europeo de betunes y emulsiones bituminosas en obtener Declaraciones Ambientales de Producto para sus betunes convencionales, betunes modificados con polímero y betunes con polvo de caucho procedentes de neumáticos fuera de su vida útil, así como para emulsiones catiónicas y aniónicas.

También el jurado galardonó la obra de renovación del firme con técnicas sostenibles que el grupo empresarial Sorigué realizó en Tarragona, en el marco de la primera obra de Compra Pública de Innovación en Cataluña promovida por la Dirección General de Infraestructuras de Movilidad del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat. La actuación de refuerzo de firme fue desarrollada en noviembre de 2019 en un tramo de la carretera tarraco-nense TP-7013, entre Alforja y la Selva del Camp e incorporó técnicas sostenibles de fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas a temperatura menor de 100°C que resultaron en la reducción del 55% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y del 66% en el uso de materias primas.

La investigación del ingeniero doctor Ángel Sampedro de la Universidad Alfonso X El Sabio sobre "Determinación de la huella de carbono de las mezclas asfálticas en caliente y sus técnicas sostenibles" fue también galardonada en el Pre-

mio MPA 2020. En ella se analiza el uso de distintos porcentajes de asfalto recuperado, procedente del fresado y retirada de mezclas bituminosas envejecidas, para la fabricación de mezclas nuevas. También evalúa las ventajas ambientales que, aplicando la metodología desarrollada, supone la fabricación de mezclas bituminosas a menores temperaturas que las mezclas en caliente.

### Premio Asfaltero 4.0

Dicho ganadón recayó sobre Javier Loma, Director de Tecnología en PADECASA por su actividad en redes durante esta #XVJornadaASEFMA y fue entregado el pasado 1 de febrero por Juan José Potti, Presidente de ASEFMA.



Foto: Entrega del Premio Asfaltero 4.0  
Javier Loma y Juan José Potti

#90

## AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

**“Renovar una red con mezclas asfálticas SMA6 y 8 de baja resistencia a la rodadura puede suponer ahorros de combustible del 6%, reduciendo las emisiones de los vehículos.” (Pavements to reduce rolling resistance and vehicle CO<sub>2</sub> emissions-Dinamarca (Via Emipav))**

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE

# Calendario de eventos

## AÑO 2021

9-11 de marzo ASPHALT PAVEMENT	2021 World of Asphalt Show & Conference	Atlanta-(EUA) www.asphalt pavement.org
18 de marzo EUROBITUMEN	Rencontres Bitume 2021	Paris (Francia) www.eurobitume.eu
24 de marzo EUROBITUMEN	Asphalt and Bitumen day	Bruselas (Bélgica) www.eurobitume.eu
7 de junio EUROBITUMEN	EATA 2021 Conference	Viena (Austria) www.eurobitume.eu
15-17 de junio ACEX	Trafic	Madrid (España) www.acex.eu
15-17 de junio EUROBITUMEN	The 7th Eurasphalt & Eurobitumen Congress; #eecongress2020	Madrid (España) www.eurobitume.eu
21-23 de octubre AEMA-ISSA-ARRA	2020 International Symposium on Asphalt Emulsion Technology	Virginia-(EUA) www.aema.org
PENDIENTE ATEB	V Jornada Nacional de ATEB	Madrid (España) www.ateb.es

## AÑO 2022

9-13 de enero TRB	TRB 2022 Annual Meeting	Washington DC (EUA) www.trb.org
23-26 de enero NAPA	2022 NAPA Annual Meeting	The Phoenician (EUA) www.eapa.org
8-11 de febrero PIARC	XVI Congreso Mundial de Vialidad Invernal y Resiliencia de la carretera	Calgary (Canada) www.atc-piarc.com

## AÑO 2023

8-12 de enero TRB	2023 NAPA Annual Meeting	Washington DC (EUA) www.trb.org
2-6 de octubre NAPA	27th World Road Congress	Praga (República Checa) www.eapa.org



MARZO 2021

Finalmente, solo quedó una opción...  
Confinamiento → Incomunicación → **RUINA ECONÓMICA**

ADVANTAGE 84: Asphalt is the ideal material for bicycle paths #AsphaltAdvantages

Reducimos EMISIONES, REFORZANDO el firme →

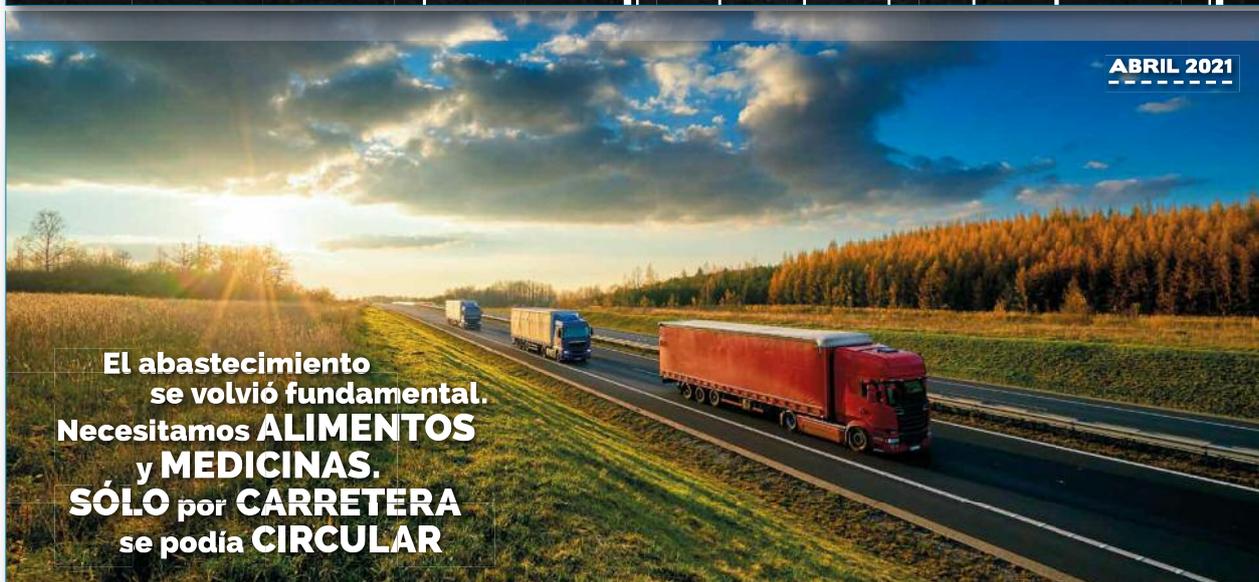
**MARZO 2021**

Colaboran:

#asefma @asefma\_es /company/asefma @asefma

**EVENTOS**  
11 de marzo  
#XIJornadaTécnica

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				



ABRIL 2021

El abastecimiento se volvió fundamental.  
Necesitamos **ALIMENTOS** y **MEDICINAS**.  
**SÓLO** por **CARRETERA** se podía **CIRCULAR**

ADVANTAGE 55: Asphalt pavements provide a smooth, quiet, skid-resistant ride surface #AsphaltAdvantages

Reducimos EMISIONES, REFORZANDO el firme →

**ABRIL 2021**

Colaboran:

#asefma @asefma\_es /company/asefma @asefma

**EVENTOS**  
1 de abril  
#IRMD2021

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		

# Lecturas recomendadas

## **Informe “Encuesta sobre la gestión de la conservación”. Diciembre 2020. 13 p.p**

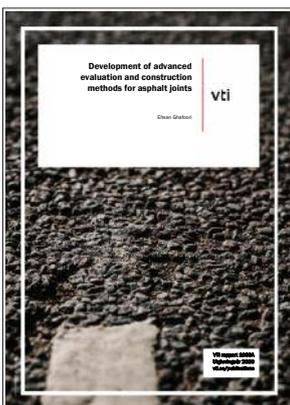
El comité de carreteras de baja intensidad de tráfico (BIT) de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) ha abordado la actualización de la encuesta realizada a las Diputaciones Provinciales, Diputaciones Forales y Comunidades Autónomas. Los resultados de la encuesta han sido publicados recientemente y en ella se recoge importante información para los gestores de dichas infraestructuras.

De los resultados obtenidos se puede estimar que la red de carreteras BIT en Diputaciones Provinciales, Forales y Cabildos se sitúa por encima de los 57.000 km y en las CCAA por encima de 54.000 km., lo que supone una red de BIT Total de 112.000 km aproximadamente. Aproximadamente el 76% de la red de carreteras BIT esta pavimentada con mezclas bituminosas y un 23 % con tratamientos superficiales.



[http://www.atc-piarc.com/publicaciones\\_catalogo.php](http://www.atc-piarc.com/publicaciones_catalogo.php)

## **Publicación “Development of advanced evaluation and construction methods for asphalt joints”. VTI. 2020 . 26 p.p.**



Las juntas del pavimento asfáltico son una de las partes más sensibles de un pavimento y requieren mucha atención durante la construcción para evitar que la vida útil del pavimento sea corta. A pesar de su importancia, no hay herramientas de evaluación estandarizadas basadas en el desempeño y no se sabe mucho sobre el impacto de diferentes parámetros de construcción sobre la calidad de las juntas del pavimento asfáltico.

Aportar una mejor comprensión de la construcción de las juntas y el desarrollo de métodos de evaluación basados en sus mecanismos de fractura esperados en la práctica pueden ayudar a contrarrestar el fallo prematuro del pavimento.

Este informe recoge el trabajo realizado en un proyecto enfocado a analizar los impactos de los diferentes parámetros de construcción en la calidad de las juntas. Además, fue estudiada la posibilidad de usar el ensayo de cizallamiento como método de evaluación. Los resultados obtenidos pusieron claramente de manifiesto la ventaja de construir juntas de asfalto con geometría inclinada a la vertical y también se concluyó la importancia de compactar las juntas desde el lado caliente. Además, se demostró que una adecuada preparación de la superficie ayuda a mejorar la calidad final.

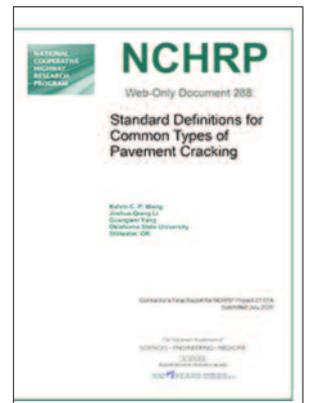
<http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1511891/FULLTEXT01.pdf>

**Publicación “Standard Definitions for Common Types of Pavement Cracking”. NCHRP web-only document 288. Julio 2020. 478 p.p.**

La fisuración es probablemente la más importante causa de deterioro de los pavimentos asfálticos en los países desarrollados. Sin embargo, bajo el concepto fisuración, existe multitud de causas y formas diferentes de aparecer la fisuración.

El documento citado no solo incluye una terminología precisa para los diversos tipos de fisuración, sino que busca la identificación correcta de los diversos tipos de fisuración, así como su cuantificación, para poder generar modelos predictivos del deterioro de los pavimentos.

El contenido de este documento está especialmente indicado para gestores de infraestructuras y técnicos que trabajan en sistemas de auscultación.



<http://www.trb.org/Publications/Blurbs/181228.aspx>

# Base de datos de proyectos de I+D+i



La Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTCarretera) tiene entre sus objetivos el análisis de las actividades de I+D+i que se producen en el sector, tanto a nivel como internacional. Una de las herramientas que utiliza para llevar a cabo dicho análisis es el uso de una base de datos específica para recopilar información sobre proyectos de I+D+i.

Los proyectos recogidos en la base de datos corresponden tanto a convocatorias nacionales como internacionales pero deben tener, al menos, una organización española que participe en el proyecto.

Con los datos recogidos en el periodo 2015-2020 PTCarretera ha publicado un informe que muestra los datos más relevantes: número de proyectos, inversión realizada, tipos de convocatorias, evolución temporal de la inversión etc.

El estudio también ha realizado un análisis de las temáticas tratadas en los diversos proyectos de I+D+i y el campo de la ingeniería civil ha sido el que más número de proyectos ha recogido, concretamente 125 proyectos.



## Secciones fijas

Bajo la etiqueta ingeniería civil se agrupan diversas temáticas, que se muestran en la siguiente tabla:

El sector de la pavimentación asfáltica es el que más proyectos ha desarrollado lo que da una buena muestra de su capacidad y actividad innovadora.

Palabras clave	Nuevos Proyectos	Europeos	Nacionales
<b>Ingeniería civil</b>			
ASFALTO	28	6	22
AUSCULTACIÓN	10	3	7
DISEÑO	1	1	0
DRENAJE	1	0	1
HORMIGÓN	1	1	0
LIGANTE	5	1	4
MAQUINARIA	5	2	3
MATERIALES	22	5	17
PISTA DE ENSAYO	1	1	0
PAVIMENTACIÓN	35	5	30
MANTENIMIENTO	15	10	5
PAVIMENTACIÓN	1	0	1
	<b>125</b>	<b>35</b>	<b>90</b>

# I Jornada Digital de ASEFMA una nueva forma de comunicar

La transformación digital ha sido una realidad en ASEFMA desde sus inicios. Ya en el año 1996 hizo entrega de un pendrive con el resumen de todas las comunicaciones en lugar del típico libro impreso, posteriormente se iniciaron las emisiones vía streaming de los eventos técnicos que llevaron a un fuerte impulso por las redes sociales, y poco a poco ha ido creciendo en influencia digital hasta convertirse hoy en día en la Asociación Nacional del sector de mayor influencia digital. Esto le ha llevado a ser la primera organización europea que ha desarrollado una jornada sobre Asfalto 4.0, la I Jornada Digital que se celebró el pasado 11 de mayo 2020 en formato exclusivamente online.

Conservación sostenible, información digitalizada, innovación aplicada y actualización real de los pavimentos fueron algunos de los temas tratados durante la I Jornada Digital de Asefma. Se trata de una nueva iniciativa que no tiene su razón de ser por el formato que se empleó para su desarrollo y difusión sino por su contenido. No pretende ser únicamente un descriptivo de tecnologías digitales existentes, sino que su aspiración es mostrar anualmente al sector los avances y aplicaciones reales que ya existen en nuestro sector. Por tanto, una vocación global, digital y muy práctica aplicada al sector de la pavimentación. La transformación digital está aquí para quedarse y esta Jornada va a ser un escaparate anual de proyección.

Expertos, académicos, técnicos y personal de la Administración encontraron en esta jornada una continuación a las cuestiones sobre transformación digital y asfalto 4.0 que han protagonizado eventos anteriores. La XIII Jornada Nacional de Asefma, año 2018, fue dedicada a “La transformación digital del sector y el Asfalto 4.0”. En la XIV Jornada Nacional de Asefma, año 2019, se hicieron confluir estos 3 conceptos y ejes de desarrollo en una misma Jornada Nacional: “Asfalto 4.0, clave en la conservación preventiva y en la reducción de emisiones de CO2”. Más allá de la necesidad de acelerar la transformación digital, hay compromisos concretos medio ambientales de nuestra sociedad y parecía muy oportuno debatir sobre las estrategias de aplicación de la conservación de ca-

rrteras, como uno de los pilares del estado de bienestar.

Entre los principales temas que se abordaron en la I Jornada Digital de ASEFMA se encuentran el concepto y desarrollo de asfalto 4.0; los estímulos, dificultades y experiencia en la implantación de desarrollos digitales en las obras de pavimentación, suministro de betunes y maquinaria de fabricación y pavimentación; y la “customer experience” en la pavimentación. Todos los contenidos mostrados tenían que ver con el mundo de la digitalización, aplicando la ya conocida etiqueta de Industria 4.0 y que a nivel sectorial se ha venido a denominar Asfalto 4.0. Las sesiones acogieron numerosas referencias a experiencias en marcha o de próxima realización basadas en elementos de digitalización: BIM (Building Information Modelling), mobile mapping, GIS, almacenamiento en la nube, sensorización, IoT, big-data que antes eran asociados a otros sectores productivos, ahora son una realidad en nuestra actividad, bien es cierto que de forma incipiente, pero con un firme compromiso de apoyo a su desarrollo.

Durante las más de nueve horas de emisión del evento dedicado a la transformación digital del sector de las infraestructuras viarias se generó un debate en Twitter con el hashtag #IJornadaDigitalAsefma que logró ser tendencia en Twitter España durante 8,5 horas y llegó incluso a convertirse en el noveno tema más comentado en Twitter en dicho país.

Para este año 2021 se tiene previsto la celebración de la II Jornada Digital, que tendrá lugar en el cuarto trimestre del año y va a tener un carácter internacional y por ello va a tener por primera vez invitados de otros países por lo que en la jornada se recurrirá a la subtitulación de estas intervenciones en inglés o alemán. Sin duda se augura otro trending topic.



## Nada se pierde todo se recicla.

Para construir o reparar calzadas Probisa elabora soluciones alternativas como el reciclaje de la carretera "in situ", la reutilización de residuos industriales y domésticos, o de los materiales de demolición. Las viejas carreteras ya no se pierden, y de este modo, ahorramos recursos naturales. Nuevas ideas hechas realidad.

Probisa  
Abrimos paso a nuevas ideas

# Observatorio del sector

Durante la celebración de la Asamblea General de Asefma en enero 2021 se realizó, como viene siendo habitual, una primera estimación sobre la evolución de la producción de mezclas bituminosas en España, a partir del dato de consumo de betún ofrecido por los suministradores en España en el año 2020.

Asefma ha obtenido a partir de los consumos de betún para pavimentación, una primera estimación, que arroja una caída de hasta los 17 millones de toneladas en 2020, según las primeras estimaciones a cierre de ejercicio. Los fabricantes españoles de mezclas asfálticas señalan con preocupación que se está produciendo la mitad de lo que correspondería a un país como España.



Figura 1. Evolución de mezclas bituminosas de 2007-2020

32,5 millones de toneladas es la cifra de producción de mezclas bituminosas que correspondería a España para mantener en un estado de conservación su red de carreteras atendiendo a la longitud de la misma, tráfico y condiciones climatológicas.

Según el presidente de ASEFMA “El déficit de producción acumulada en los últimos diez años es de 136,6 millones de toneladas”, lo que corresponde con el déficit de las infraestructuras viarias españolas señalado por la Asociación Española de la Carretera (AEC) de 7.008 millones de euros para reposición y refuerzo de firmes.



Figura 2. Evolución 2007-2009 Mezclas Bituminosas

Durante dicha Asamblea, también presentaron los últimos datos oficiales de EAPA correspondientes a la producción europea de la industria en 2019. España sigue ocupando la séptima posición en producción de mezclas bituminosas (18,8 millones de toneladas) por detrás de Alemania (40), Francia (35,8), Italia (30,1), Reino Unido (25,2), Turquía (23,5) y Polonia (19).

En referencia a la contribución de la industria del asfalto a la neutralidad climática y específicamente en la reducción de emisiones, la producción de asfalto es un indicador de la inversión en carreteras y que el deterioro de la red viaria aumenta el consumo de combustible y, por extensión, las emisiones de CO2 del transporte por carretera.

En esta línea cabe destacar el cambio de filosofía de ASEFMA cuyo lema ahora es “Reduciendo emisiones, reforzando el firme”

PRIMERA ESTIMACIÓN 2.020 (CONSUMO BETÚN ESPAÑA)

ASAMBLEA ASEFMA 2021

Betún no industrial, consumido en España	TOTAL (t) 2019	TOTAL (t) 2020	Evolución 2019-2020
Betún para MBC	653.306	587.123	-10,1 %
Betún para emulsiones	66.743	55.935	
Betún para BMP	68.269	60.854	
<b>Total</b>	<b>788.317</b>	<b>703.912</b>	

Figura 3. Datos Primera Estimación de Consumo de Betún España 2020

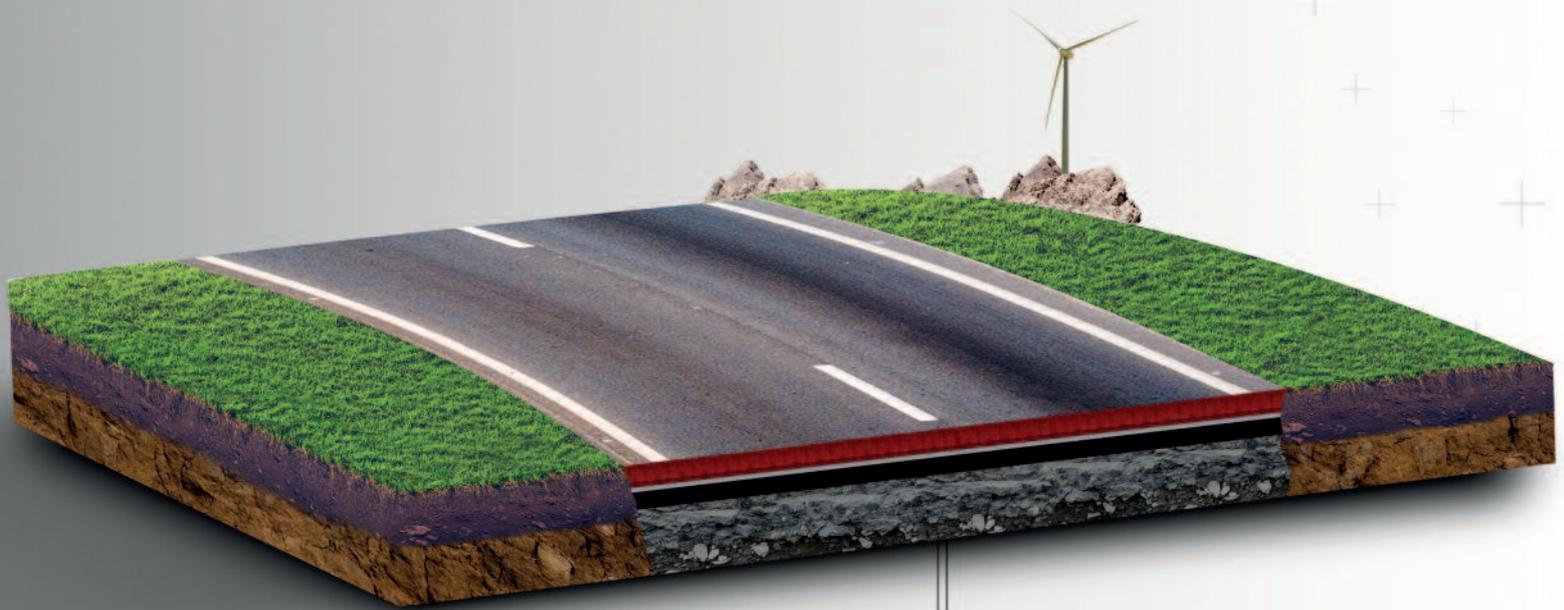




# DESCUBRE LA GAMA DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Gracias a las **mejoras en la Gama de Emulsiones de Cepsa**, disfruta de soluciones específicas para cada aplicación y optimiza las prestaciones de cada tratamiento.

INFÓRMATE EN **cepsa.es**



Riegos de adherencia

Otros riegos auxiliares

Microaglomerados y Lechadas

Mezclas templadas

Riegos de adherencia termoadherente

Tratamientos superficiales con gravilla

Mezclas bituminosas en frío

Reciclados con emulsión

**CEPSA**

*Tu mundo, más eficiente.*