

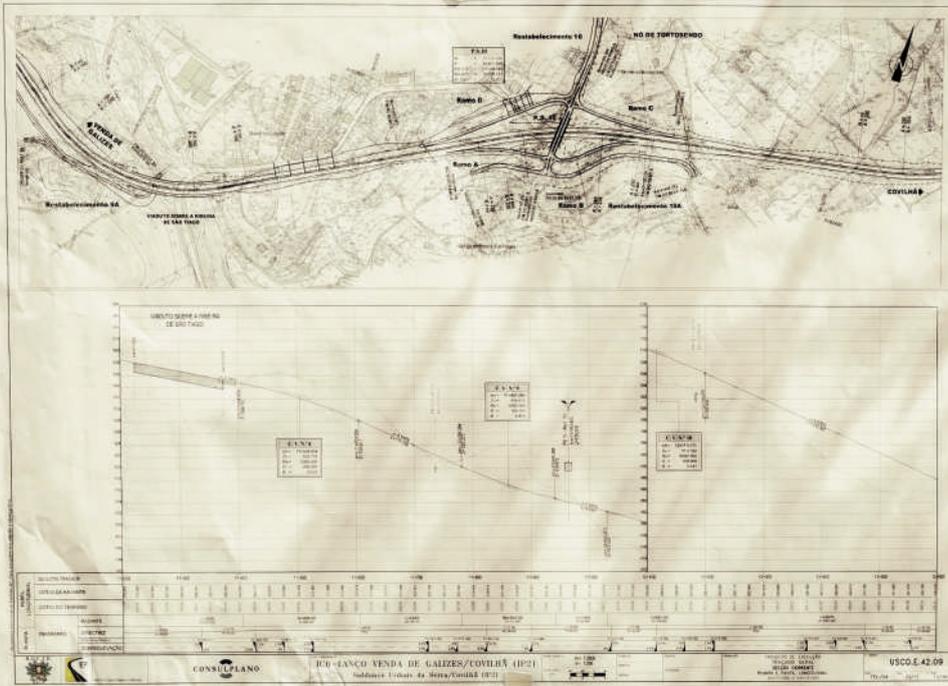
ASFALTO

Y PAVIMENTACIÓN

Número 30 · Volumen VIII · Tercer trimestre · 2018

número **30**



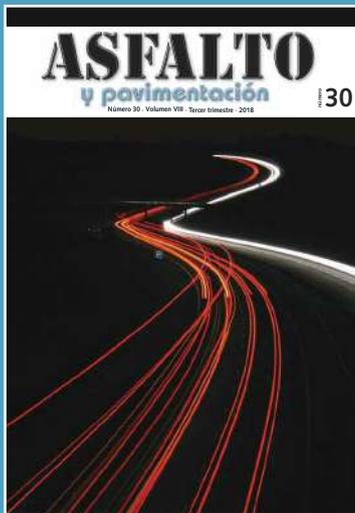


1/4 de obra es obra nuestra

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

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





Número 30 · Volumen VIII
Tercer trimestre · 2018

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 30 · Volumen VIII · Tercer trimestre · 2018

Editorial

2018, Un año repleto de grandes eventos

05

Tribuna

Pepe Soto

07

Tribuna

Julio Vaquero

09

Tribuna

Francisco Lucas

11

Compactabilidad y propiedades mecánicas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes

15

Ana María Rodríguez Alloza - Juan Gallego Medina

Análisis probabilístico del costo del ciclo de vida de técnicas de preservación de pavimentos

23

Natalia Zúñiga García - Jorge A. Prozzi

Patologías de los Pavimentos

Andrés Costa

33

Divergencias en la determinación de huecos en mezcla. Densidad máxima volumétrica vs. densidad máxima teórica

41

Pablo Álvarez Troncoso - Carlos Quintana Gálvez - Aida Marzá Beltran - Manuel Montolio Sanfeliu -

Secciones fijas

49

Descripción de ensayos para mezclas bituminosas,
Normativa, Mirando al pasado, Noticias, Calendario,
Lecturas recomendadas, I+D, Digitalización del Sector,
Observatorio de mercado, Afirmaciones asfálticas



Nuestras carreteras se abrochan a su seguridad.

Avisarles del peligro, adherirse a sus neumáticos, dividir la distancia de frenado por dos, garantizar la seguridad en el entorno de las obras, mejorar los puntos negros, señalar correctamente sus trayectos: esto es construir una carretera más segura. Nuestro objetivo al servicio de su seguridad, es que la carretera sea su aliada.

Probisa
Abrimos paso a nuevas ideas

2018, Un año repleto de grandes eventos

El presente año 2018 ha estado plagado de importantes eventos relacionados con la carretera, su conservación y sus materiales constituyentes, tanto a nivel nacional como internacional.

Sin ánimo de ser exhaustivos, se pueden citar algunos como el Pavement Preservation & Recycling Summit (PPRS2018), celebrado en Marzo en Niza (Francia), el Día Internacional de la Conservación de la Carretera (#IRMD2018) celebrado el 4 de abril, con eventos en diferentes ciudades de todo el mundo, el 24º Vyodeal (Symposium Nacional de vías y obras de la administración local), en Valencia en abril, la XV jornadas de Conservación y Explotación de carreteras, también en Valencia en mayo, la XIII jornada Nacional de Asefma en Madrid los días 30 y 31 de mayo o el EEEevent2018 organizado Euroasphalt & Eurobitume y celebrado en Junio en Berlín.

Pero el año no ha terminado aún y quedan importantes eventos por celebrar, donde la comunidad técnica y científica relacionada con las carreteras podrá compartir experiencias, novedades e inquietudes.

Así, uno de los eventos que ha despertado grandes expectativas es el Simposio Nacional de Firms 2018 (SNF 2018), que se celebra en octubre, promovido por el Ministerio de Fomento, organizado por la Asociación Técnica de Carreteras con la colaboración de dos importantes asociaciones del sector, Asefma y Oficemen.

El Simposio surge como solución a la necesidad existente en el sector, reclamada desde todos los ámbitos relacionados, de retomar las reuniones técnicas de alto nivel en el campo de los firms que, durante la profunda crisis económica sufrida durante los últimos años, han quedado aparcadas. A pesar de la crisis, el sector ha seguido trabajando e innovando y parece un buen momento para compartir experiencias y novedades surgidas en los últimos años. Esta necesidad de compartir ideas se hace más evidente, si cabe, cuando se analiza la evolución que se está produciendo en la sociedad y a las que el sector debe adaptarse.

Esta necesidad latente que existe en el sector de compartir novedades e ideas se ha visto reflejada en el número de comunicaciones libres presentadas por técnicos dedicados a los firms. Se han presentado más de 110 comunicaciones, de las cuales 75 han sido aceptadas.

“En ruta hacia una economía circular”, lema del simposio, incorpora esas nuevas necesidades de la sociedad hacia

las que se deben orientar los trabajos, considerando la sostenibilidad tanto de los productos como de los procesos y avanzando en la solución de los nuevos retos planteados (sistemas inteligentes de transporte, vehículos autónomos, conectividad, infraestructuras inteligentes...).

Todos estos retos se van a tratar desde un punto de vista global de los firms, en los tres días de simposio, dividido en 6 sesiones, donde se tratarán temas como la política de conservación de firms de las diferentes administraciones, la gestión de pavimentos, la optimización del diseño de rehabilitación de los firms, el reciclado de pavimentos, la rehabilitación estructural y superficial, así como la interacción con los firms de los vehículos del futuro. Sin duda, un gran programa del que se puede esperar que surjan no sólo soluciones a problemas planteados, sino también nuevos retos para el futuro que pueden dar continuidad al Simposio.

Desde estas líneas, felicitar a los promotores, organizadores y colaboradores por la idea, así como también desearles el máximo éxito en esta nueva andadura, que asegurará la celebración de nuevos simposios en los próximos años.

Finalmente, destacar que no terminan los eventos de este apretado año con la celebración del Simposio. Quedan por delante eventos tan interesantes como la IV jornada técnica nacional de ATEB, que se celebrará el 22 de noviembre en Madrid, el XXVI Congreso Mundial de la Carretera, a celebrar en Abu Dhabi entre el 6 y el 10 de octubre, o la jornada sobre Análisis ambiental y de costes en el ciclo de vida de firms y pavimentos, organizada por el Centro de estudios y experimentación de obras públicas (CEDEX) y la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), a celebrar en Madrid el 6 de noviembre, demostrando que el sector de la carretera es muy activo e innovador.

Un claro ejemplo de esta actividad es la celebración del Día Mundial de Carretera (#DíaMundialdeCarretera) el próximo 11 de octubre, que pone en marcha un proyecto, con vocación de continuidad, con el objetivo de hacer patente la importancia de la carretera en nuestra sociedad, actual y futura, ofreciendo un espacio y un momento a todo aquel que quiera expresar sus opiniones, junto a las de otros, relacionadas con la carretera.

Para terminar, agradecer el esfuerzo de todos aquellos que hacen posible el mantenimiento del pulso en este sector, y por ende, en la carretera.

Your road
to solution



Nosbur cambia a Ravasol

Para cualquier información adicional, contactar con:
asphalt@ravagochemicals.com o visitar nuestra página web www.ravagochemicals.com



Algunas reflexiones sobre las mezclas asfálticas



José Antonio Soto
Vocal de la revista
Asfalto y Pavimentación

 @soto228pepe

Son muchas las afirmaciones asfálticas que se han publicado en esta revista, unas relacionadas con el confort y seguridad de nuestras carreteras, otras haciendo referencia a la sostenibilidad y el medio ambiente así como las relacionadas con la economía y por supuesto con la ingeniería. En todas ellas el denominador común son las mezclas asfálticas utilizadas la mayor parte de los pavimentos de carreteras.

Con las mezclas asfálticas conseguimos que las carreteras sean más confortables y seguras ya que nos permiten conservar los pavimentos de un modo eficiente, con ellas conseguimos pavimentos de alta drenabilidad, evitando la formación de charcos en la calzada tan peligrosos para la conducción, al mismo tiempo que nos proporcionan mejor visibilidad al evitar las salpicaduras de los coches que nos preceden.

Otra ventaja importante es la posibilidad que tienen de ser coloreadas atrayendo la atención del conductor hacia fenómenos o indicaciones poco frecuentes.

Disponemos de nuevas mezclas capaces de recuperar las características superficiales de manera fácil y económica, evitando situaciones de riesgo en la conducción.

Se puede afirmar, después de lo expuesto en cuanto a seguridad y confort, que dejar de utilizar las mezclas asfálticas en la conservación de carreteras conduciría a un mayor deterioro de las mismas a corto plazo ya que son la única solución eficiente para conservar los pavimentos.

Otro aspecto importante a destacar en las mezclas asfálticas es que con su aplicación mejoramos la sostenibilidad y el medio ambiente.

Debido a su reciclabilidad, tanto a baja, media y a alta tasa, llegando incluso al 100%, así como la posibilidad de

poderse utilizar en técnicas en frío, templadas y calientes, representan un importante ahorro en recursos naturales, áridos y betún, al mismo tiempo que abren un abanico de posibilidades para los proyectistas que estén interesados (llegará el día en que será obligatorio) en estudiar nuevas soluciones altamente sostenibles. Es constatable que la reutilización de RAP en mezclas a baja temperatura maximiza la sostenibilidad, por lo que podemos afirmar que los pavimentos asfálticos son, económica y socialmente, muy convenientes, pasando a ser uno de los mayores recursos renovables.

Con los reciclados a menor temperatura y la posibilidad de utilizar pavimentos fonoreductores extremadamente silenciosos (no olvidemos que el ruido es un auténtico agresor para la salud) que pueden reducir el ruido por encima de los 8dB(A), disponemos de nuevas técnicas muy adecuadas y sostenibles para pavimentos urbanos.

Por otro lado, la posibilidad de poder fabricar las mezclas a menor temperatura, incluso por debajo de 100°C y la utilización de RAP, que puede a su vez ser reutilizado varias veces, está contribuyendo a un ahorro importante del consumo de energía y a un descenso de las emisiones de GEI y por ende a ser un factor muy importante en la lucha contra el cambio climático.

Gracias a las rodaduras asfálticas, confortables y seguras, se reduce considerablemente el consumo de los vehículos, sus emisiones y su mantenimiento. No olvidemos que un pavimento en mal estado contribuye poderosamente a aumentar las emisiones de GEI, según la UE se estima en 28Mt/año. Se ha demostrado que en una carretera con un IRI inadecuado se genera un mayor consumo en los camiones de hasta un 2%, por lo que si los presupuestos para la conservación son insuficientes, corremos el riesgo de que el coste de los transportes por carretera aumente proporcionalmente así como el CO₂ asociado.

Otra ventaja atribuible a las mezclas asfálticas es la posibilidad de utilizar como modificador reológico los NFUs bien en el betún directamente o en el mezclador de planta. Con ello estamos reciclando un residuo peligroso al mismo tiempo que mejoramos la calidad de las mezclas e incluso

sus propiedades fonoreductoras.

Desde el punto de vista de la ingeniería, con las mezclas asfálticas se puede mejorar el funcionamiento de las vías ferroviarias de alta velocidad con la vía en placa.

Centrándonos en carreteras, son muchos los avances conseguidos gracias a una gran labor de I+D+i, tanto de empresas como de universidades. Se han desarrollado nuevas mezclas como las SMA con las que se consigue una reducción de ruido apreciable, gran resistencia a la fisuración y una gran durabilidad, incluso en pavimentos de túneles.

También se ha podido comprobar que las mezclas con altas tasas de RAP, tras varios años de servicio, muestran características similares a las convencionales. Esto es debido al desarrollo de nuevos aditivos y rejuvenecedores que permiten poder utilizar altas tasas de RAP y gracias a ellos el ligante asfáltico envejecido recupera sus características originales.

Así mismo, se han realizado muchos estudios para conocer la influencia de la temperatura de la mezcla durante su puesta en obra en el comportamiento final de los reciclados en frío, comprobándose la gran importancia que tiene. Esta tecnología es una de las soluciones más eficientes y sostenibles adaptadas al cambio climático y con excelentes prestaciones cuando se ejecuta adecuadamente.

Otra conclusión importante a la que se ha llegado es que las mezclas semicalientes no difieren en su comportamiento con las convencionales. En general, con las mezclas a baja temperatura, conseguimos una reducción importante de emisiones sin bajar en prestaciones.

El desarrollo de los betunes modificados con polímeros así como otros aditivos incorporados al betún, han hecho posible el desarrollo de mezclas asfálticas de altas prestaciones, larga durabilidad, alta drenabilidad, módulos elevados y con menor envejecimiento. Gracias a esto podemos disponer de pavimentos más seguros y confortables, de fácil drenabilidad que, como los drenantes bicapa, permiten laminar los caudales de agua con ocasión de tormentas, evitando sobrecargas en la red de saneamiento.

Con las mezclas asfálticas nos podemos permitir adaptar las carreteras, de una forma rápida y económica, a los nuevos requisitos o a la evolución del transporte, siendo incluso posible realizar ya los nuevos sistemas de carriles para recarga en marcha de vehículos eléctricos.

No podía faltar la repercusión económica de las mezclas

asfálticas en la carretera, sobre todo teniendo en cuenta que el valor patrimonial de las infraestructuras viarias debe ser el criterio referente para su conservación. De hecho, gracias a las mezclas asfálticas, ha sido posible construir y conservar la gran mayoría de las carreteras de la forma más eficiente.

Las nuevas tecnologías de reciclados y la espumación del betún, en donde es posible la reutilización del RAP, suponen un gran ahorro en materias primas y en energía tanto en obras de nueva construcción como en la conservación de los firmes.

Es bien conocido que la degradación de las carreteras influye poderosamente en la seguridad y genera costos indirectos al usuario en consumo de combustible, emisiones ambientales, atascos, degradación de los vehículos, cansancio en la conducción etc. La utilización, en la conservación de carreteras, de mezclas asfálticas nos permite, casi de manera inmediata, la apertura al tráfico minimizando las congestiones de este, los consumos de combustible y las emisiones asociadas.

Para terminar una última reflexión: "El betún asfáltico es uno de los materiales más utilizados en el mundo de las carreteras, cuya conservación resulta inimaginable si no se dispusiese de esta materia prima".

En ruta hacia una economía circular



Julio Vaquero
Presidente del Comité de Firms
Asociación Técnica de Carreteras

 @jvaqgar

En Ruta Hacia una Economía Circular es el lema elegido para el Simposio Nacional de Firms 2018 (SNF2018) que se celebrará en Madrid el próximo mes de octubre, poniendo fin a una “sequía” técnica de 10 años en esta materia y con una decidida vocación de continuidad para que el Sector pueda contar con encuentros periódicos entre profesionales de la carretera y, más concretamente, de los expertos en firms.

Los efectos del paso del tiempo y de una profunda crisis económica que ha afectado con especial fuerza al sector de la construcción y, por ende, al de la carretera, nos obligan a reinventarnos y a empezar prácticamente de cero.

Las empresas y las administraciones han sufrido un innegable efecto de descapitalización “técnica”. Se han perdido profesionales y técnicos en las empresas, y efectivos en las administraciones que han visto como los cuerpos especializados, como por ejemplo el de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del Estado, han sufrido un intenso proceso de envejeciendo y de reducción de sus efectivos por falta de reposición.

Esta situación, afortunadamente, está cambiando y es un aliciente para tratar de hacer las cosas mejor ya desde el principio.

Y el principio puede, por qué no, comenzar con el SNF2018 auspiciado técnicamente por el Comité de Firms de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), un fiel reflejo de lo que puede ser una actividad colaborativa. Este Comité, que había llegado a tener más de 100 miembros, atravesó un largo periodo de inactividad hasta que se renovó su presidencia y su secretaría, poniendo a su frente a un miembro

de la Administración y a otro del Sector de la Carretera, ambos con un claro objetivo común: mejorar e impulsar la técnica de firms.

A día de hoy este Comité cuenta con 9 grupos de trabajo activos y más de 50 profesionales aportando su buen hacer de manera desinteresada.

Y esta motivación es patente que existe en el Sector de la Carretera que está deseando participar y hacer “cosas nuevas”, y buena muestra de ello ha sido la excelente acogida que la celebración del SNF2018 ha tenido entre la comunidad técnica, con el envío de más de 110 resúmenes y la concreción final en 75 comunicaciones escritas.

El lema elegido para el Simposio tiene dos aspectos fundamentales. El primero, la economía circular, un concepto que cada vez va calando de forma más profunda en nuestra Sociedad que cada día es más consciente de la necesidad de realizar un consumo responsable de los recursos, y tratar de conseguir el máximo aprovechamiento de éstos a través de su valorización cuando han llegado al final de su vida útil.

El segundo, es tomar conciencia de que son más las cosas que desconocemos que las que sabemos, y que todos iremos aprendiendo de nuestros errores y aciertos en ese camino que nos llevará hasta una plena y responsable utilización de los recursos: En Ruta hacia una Economía Circular.

El objetivo principal del SNF2018 es cuestionarse las cosas, no dar nada por hecho, incitar a la curiosidad, marcar retos que podamos alcanzar y fijarnos unos plazos para ello. Y, por supuesto, motivar a los más jóvenes de entre nosotros para que den un paso adelante y se impliquen en estos temas que, en un futuro no muy lejano, deberán pilotar ellos.

¿Son válidos los métodos de dimensionamiento que hemos empleado hasta hoy para los firms?

¿Responden los modos de fallo a los modelos que hemos planteado?

¿Para cuantos años debería dimensionarse un firme? ¿Y su refuerzo?

¿Conocemos el espectro de tráfico que circula por nuestras carreteras? ¿Y su efecto equivalente sobre los firms?

¿Estamos preparados para las carreteras del futuro?

El futuro de los firmes de nuestras carreteras está en nuestras manos y la suma de todos será importante para alcanzar los mejores resultados. Pero para ello debemos trabajar de forma coordinada, con unos objetivos claros y definidos a todos los niveles:

- en la formación de operadores de equipos, de encargados, de técnicos de producción, de responsables de laboratorio, de responsables de oficinas técnicas, de profesores universitarios.....;
- en el aumento de los recursos dedicados a los proyectos, en el convencimiento de que son la clave para alcanzar los mejores resultados;
- en la licitación de las obras con ofertas que representen bajas moderadas (6-7%) haciendo realidad lo que ya está escrito en la reglamentación europea de que no sólo deben valorarse aspectos económicos. Tenemos sobrada experiencia que la “baratura” suele ser la opción más cara y menos eficiente;
- en la investigación orientada a la resolución de problemas reales, sin que el objetivo principal sea la obtención de

ayudas y financiación para mantener la operativa de los equipos y empresas creadas alrededor de la I+D+i, etc.

Las soluciones técnicas no deben ser antagónicas sino complementarias. Debemos dejar de hablar de soluciones blancas frente a soluciones negras o de soluciones en caliente frente a soluciones en frío, por poner un ejemplo. Cada una de ellas tendrá sus ventajas y sus inconvenientes, sus fortalezas y debilidades, nuestra habilidad debe ser utilizar lo mejor de cada una de ellas.

Ante la opinión de algunos de que los firmes “estaban muertos”, que ya se había inventado todo lo que había que inventar en esta materia, se abre ante nosotros un nuevo panorama apasionante en el que todavía queda mucho por descubrir y, por supuesto, mucho tiempo para tener que escribir su último capítulo, y lo mejor de todo ello es que nosotros podemos ser, si nos lo proponemos, los protagonistas de esta bella historia.

No me queda más que despedirme de los lectores de Asfalto y Pavimentación con un “hasta pronto” pues estoy seguro que muchos de ellos participarán en esta aventura y en este SNF2018.

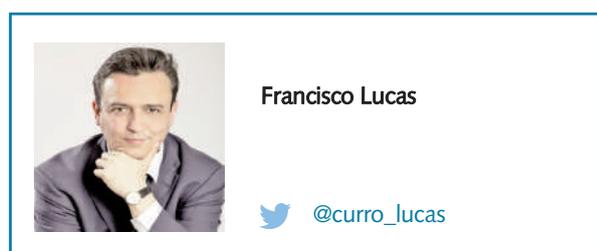
#70

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Los huecos superficiales (macrotextura) de mezclas asfálticas como las BBTM-B las convierten en óptimas capas de rodadura por su drenabilidad, adherencia y durabilidad” (Sobreestimación de huecos en mezclas discontinuas para capas de rodadura. El caso BBTM 11B)

#INGENIERÍA

11-0 #DíaMundialdeLaCarretera



¿Te encantan los espaguetis? El 17 de enero se celebra el día mundial de la cocina italiana. ¿Eres soltera o soltero? El 13 de Febrero podrás celebrarlo, pues es el día mundial de los solteros. ¿Quizá eres adorador del dios Morfeo? Estás de suerte, pues el 20 de marzo podrás celebrar el día mundial del sueño. Con mayor o menor carácter oficial, la irrupción de las redes sociales en nuestras vidas cotidianas, ha propiciado que al menos un día al año, se pueda rendir tributo o donostiar a un elemento, concepto, persona, hito, etc... Aparecen por generación espontánea, o por interés de colectivos concretos, o por el deseo más o menos caprichoso de conocidos influencers, o simplemente como oda a la creatividad, originalidad o estupidez humana. Ya lo decía mi abuela "Curro, en esta vida hay gente para todo". Pueden ser tan tradicionales como el día internacional de la salud, el trabajo, el libro o la mujer, o tan novedosos como el día internacional del beso, de la bicicleta o del taxista, o incluso tan rocambolescos y "frikis" como los días internacionales de Star Wars, de los calcetines o de abrazar a un veterinario. Casi todo, por muy extraño que te parezca querido lector, tiene su día mundial o día internacional. Y tiene su correspondiente repercusión mediática, pues la mayoría de estos días, se convierten en Trending Topic en la red social Twitter y no nos engañemos, la influencia de las redes sociales en nuestras vidas, es una certeza ya difícilmente cuestionable, nos guste más o nos guste menos.

Otra certeza, difícilmente rebatible, es que una persona, a lo largo de su vida, sí o sí, circulará sobre el pavimento de una carretera o una calle, ya sea como conductor de un vehículo que permita su movilidad, o como pasajero. Quizá la

fisionomía de la carretera cambie, o cambien los vehículos que circulan por ella, o la funcionalidad de la misma no se limite exclusivamente a la movilidad, pero hay pocas cosas, que diríamos que una persona seguro que va a hacer en su vida: Respirar, comer, beber...y usar una carretera. Porque tenemos carretera para rato. Y uno se pregunta, y el Día Mundial de la Carretera, ¿existe? Pues aunque no lo crea, y a pesar de la importancia que tiene en nuestras vidas, a tenor de la multitud de celebraciones que casi todo tiene, la carretera aún no tiene su día mundial. Las playas tienen su día mundial, la carretera no. El medio ambiente tiene su día mundial, la carretera no. El agua tiene su día internacional...la carretera... aún no.

Este mismo año se ha desarrollado el día 5 de abril, el día Internacional de la Conservación de Carreteras 2018 (International Road Maintenance Day) o #IRMD2018 promovido por ASEFMA (Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas) el cual se planteó con una visión común y estrategias coordinadas en torno a la importancia de la conservación de carreteras. En su primera edición el foco central se puso en "La importancia de la conservación de carreteras en la reducción de emisiones". La iniciativa fue todo un éxito, superando con creces las expectativas de los promotores a todos los niveles.

Bajo una óptica muy distinta, más próxima a los ciudadanos, usuarios de la carretera, ciclistas, motoristas, asociaciones de automovilistas, compañías de seguros, fabricantes de vehículos, periodistas del mundo del motor, colectivos de damnificados por accidentes de tráfico, etc...queremos desarrollar el Día Mundial de la Carretera, en su sentido más amplio. No se trata de reclamar inversiones para construcción o para conservación de carreteras, se trata de concentrar puntos de vista y demostrar la importancia que tiene la carretera en nuestras vidas. Que todo aquel que quiera expresar su opinión relativa a la carretera, tenga un espacio y un momento, para que, junto a las opiniones de otros, tengan la fuerza suficiente para poner en valor la carretera.

Esta iniciativa nace por la voluntad de dos personas concretas: Juan José Potti y yo mismo. Somos conscientes que

desde hace unos años hemos empezado a movilizar, gracias a las redes sociales y las nuevas tecnologías, una potente herramienta de comunicación. Queremos poner nuestra capacidad de influencia y comunicación al servicio de esta iniciativa. Queremos poner en el sitio que merece a la carretera.

Queremos, con carácter anual, celebrar el Día Mundial de la Carretera el día 11 de octubre, poniendo en marcha el proyecto en 2018. El día elegido para ello, corresponde al aniversario de la inauguración del Primer Congreso Mundial de la Carretera celebrado en París en 1908, hace exactamente 110 años. Independientemente de las actividades y acciones que cada organización nacional, continental o mundial movilice con motivo de esta iniciativa, el objetivo de los pro-

motores es intentar conseguir que el hashtag asociado sea tendencia en la red social de referencia en este tipo de conmemoraciones, Twitter. Queremos con ello, que en torno a dicho punto de encuentro y ese día, la carretera sea protagonista en la sociedad. Queremos desde ahora concentrar todas las iniciativas y comentarios en #DíaMundialdeCarretera (español) y #WorldRoadDay (Inglés), sin menoscabo de que se valore la posibilidad de incorporar otros idiomas.

Queremos contar contigo. ¿Nos ayudas a fundar el #DíaMundialdeCarretera y darle la dimensión que merece?

11-0 #WorldRoadDay

Do you love spaghetti? On 17th January the world day of Italian cuisine is celebrated. Are you single? On February 13 you can celebrate, it is the world's single day. Perhaps you are a worshiper of the god Morpheus? You're in luck, because on 20th March you can celebrate World Sleep Day. With more or less official nature, the irruption of social networks in our daily lives, has led to at least one day a year, can pay tribute or revile an element, concept, person, milestone, etc ... They appear by spontaneous generation, or by the interest of specific collectives, or by the more or less capricious desire of well-known influencers, or simply as an ode to creativity, originality or human stupidity. My grandmother already said to me "Curro, in this life there are people for everything". They can be as traditional as the international day of health, work, books or women, or as innovative as the international day of the kiss, bicycle or taxi driver, or even as bizarre and "frikis" as international days of Star Wars, socks or hugging a veterinarian. Almost everything, strange as it may seem dear reader, has its world day or international day. And it has its corresponding media impact, because most of these days, become Trending Topic in the social network Twitter and the influence of social networks in our lives, is a certainty and hardly questionable, we like more or we like it less.

Another certainty, difficult to refute, is that a person, throughout his life, yes or yes, will circulate on the pavement of a road or a street, either as a driver of a vehicle that allows his mobility, or as a passenger. Perhaps the physiognomy of the road changes, or change the vehicles that circulate through it, or the functionality of it is not limited exclusively to mobility, but there are few things that we would say that a person is sure to do in his life: Breathe, eat, drink ... and use a road. Because we have a road for a long time. And one wonders, and World Road Day, does it exist? Well, believe it or not, and despite the importance it has in our lives, according to the multitude of celebrations that almost everything has, the road still does not have its world day! The beaches have their world day, the road does not. The environment has its world day, the road does not. Water has its international day ... the road ... not yet.

This year has been developed on 5th April, the International Road Maintenance Day 2018 or #IRMD2018 promo-

ted by ASEFMA (Spanish Association of Manufacturers of Asphalt Mixtures) which was raised with a common vision and coordinated strategies around the importance of road conservation. In its first edition the central focus was on "The importance of road conservation in reducing emissions". The initiative was a success, far exceeding the expectations of the promoters at all levels.

From a very different point of view, closer to citizens, road users, cyclists, motorists, drivers' associations, insurance companies, vehicle manufacturers, journalists from the motor world, groups of people affected by traffic accidents, etc ... we want to develop World Road Day, in its broadest sense. It isn't about claiming investments for construction or for road conservation, it is about concentrating points of view and demonstrating the importance of the road in our lives. That everyone who wants to express their opinion about the road, have a place and a time, so that, along with the opinions of others, have enough strength to put the road in value.

This initiative is born by the desire of two specific people: Juan José Potti and myself. We are aware that for some years we have begun to mobilize, thanks to social networks and new technologies, a powerful communication tool. We want to put our influence and communication capacity at the service of this initiative. We want to put on the site that deserves the road.

We want, on an annual basis, to celebrate World Road Day on 11th October, by launching the project in 2018. The day chosen for it, corresponds to the anniversary of the inauguration of the First World Road Congress held in Paris in 1908, exactly 110 years ago. Regardless of the activities and actions that each national, continental or world organization mobilizes on the occasion of this initiative, the objective of the promoters is to try to get the associated hashtag to be a trend in the social network of reference in this type of commemorations, Twitter. We want that, around this meeting point and that day, the road will be a protagonist in society. We want from now to concentrate all the initiatives and comments in #WorldRoadDay.

We want to count on you. Can you help us to found the #WorldRoadDay and give it the size it deserves?

VIATOP®

Liderando las SMA
desde 1988

inside

VIATOP®

RETTENMAIER 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 · Info@jrsiberica.com

Compactabilidad y propiedades mecánicas de mezclas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes

Ana M. Rodríguez , anamaria.rodriguez.alloza@upm.es

Juan Gallego , juan.gallego@upm.es

Universidad Politécnica de Madrid

Las mezclas semicalientes permiten disminuir el consumo de energía y las correspondientes emisiones de gases de efecto invernadero al reducir las temperaturas de fabricación y puesta en obra de las mezclas asfálticas. Por otro lado, las mezclas con caucho reutilizan de forma efectiva un producto de desecho como son los neumáticos fuera de uso. La combinación de ambas tecnologías harían de las mezclas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes un excelente material para la construcción de carreteras respetuoso con el medio ambiente. Sin embargo, el efecto de los aditivos sobre la compactabilidad y propiedades mecánicas al disminuir las temperaturas de producción / compactación, especialmente para el caso de las mezclas con caucho, no está suficientemente estudiado. Por lo tanto, en esta investigación se estudia, a través de una serie de ensayos de laboratorio, las características compactabilidad y propiedades mecánicas de mezclas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes. Los resultados han indicado que los aditivos seleccionados pueden disminuir las temperaturas de producción/compactación de las mezclas sin comprometer la compactabilidad, ni la fatiga, que la resistencia a las deformaciones plásticas resultó notablemente mejorada, que la sensibilidad al agua disminuyó ligeramente y que el módulo de rigidez depende de la temperatura de fabricación.

Palabras Clave: caucho, mezclas semicalientes, compactabilidad, propiedades mecánicas.

Warm Mix Asphalt (WMA) allow to reduce the energy consumption and the corresponding emissions of greenhouse gases (GHG) by reducing the production and compaction temperatures of the asphalt mixtures. On the other hand, the asphalt rubber mixtures effectively reuse a waste product such as end-of-life tyres. The combination of both technologies would make asphalt rubber mixtures with warm mix asphalt additives an excellent and environmental-friendly material for roads. However, the effect of the additives on the compactability and mechanical properties when lowering the production / compaction temperatures, especially in the case of mixtures with rubber, is not sufficiently studied. Therefore, this research studies, through a series of laboratory tests, the characteristics of compactability and mechanical properties of asphalt rubber mixtures with warm mix asphalt additives. The results have indicated that the selected additives can decrease the production / compaction temperatures of the mixtures without compromising the compactability, nor the fatigue, that the resistance to the plastic deformations was significantly improved, that the water sensitivity decreased slightly and that the stiffness depends on the manufacturing temperature.

Keywords: rubber, warm mix asphalt mixtures, compactability, mechanical properties.

1. Introducción

Los pavimentos que contienen polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso ofrecen una resistencia mejorada a la formación de roderas, a la fatiga y a la fisuración térmica,

reducen los costes de mantenimiento y el ruido del tráfico así como prolongan la vida útil del pavimento [1,2,3]. Sin embargo, estas mezclas presentan un importante inconveniente: la temperatura de fabricación debe aumentarse en comparación con las mezclas asfálticas convencionales. Su temperatura de

Compactabilidad y propiedades mecánicas de mezclas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes

fabricación oscila entre 175 °C y 180 °C en el caso de betunes de alta viscosidad con caucho [4] y, por lo tanto, se consume más energía al producirlas y, en consecuencia, se emiten mayores cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al compararlas con mezclas bituminosas convencionales.

El Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de París reconocen que los países desarrollados son los principales responsables de los altos niveles actuales de GEI que se emiten a la atmósfera como resultado de la actividad industrial [5]. Por lo tanto, en los últimos años la protección ambiental y el desarrollo sostenible se han convertido en importantes temas globales y la industria de los pavimentos ha buscado y desarrollado una forma de reducir la temperatura de fabricación y puesta en obra mediante la tecnología denominada como mezclas semicalientes. Esta tecnología ofrece soluciones prometedoras para los inconvenientes de las mezclas con caucho gracias a la utilización de aditivos que son capaces de reducir la viscosidad del ligante y disminuir las temperaturas de fabricación sin afectar el rendimiento de las mezclas a temperaturas de servicio. Si incorporando la tecnología de mezclas semicalientes a las mezclas con caucho se lograra una disminución significativa de la temperatura de fabricación y puesta en obra sin que la compactabilidad y el rendimiento mecánico de estas mezclas se viese afectado, los beneficios tanto para la sociedad como para el medio ambiente serían significativos, ya que con la reducción de tem-

de la producción de los aditivos de mezclas semicalientes.

Si bien previamente se han realizado investigaciones para estudiar las propiedades de las mezclas semicalientes, existen todavía incógnitas y preocupaciones con respecto a la aplicación de esta novedosa tecnología para las mezclas con caucho.

En esta investigación se presenta el efecto de los aditivos sobre la compactabilidad y propiedades mecánicas al disminuir las temperaturas de producción/compactación. Se realizaron una serie de ensayos de laboratorio de compactabilidad, sensibilidad al agua, de resistencia a las deformaciones permanentes y a la fatiga y de módulo de rigidez, comparándose la mezcla con caucho y aditivo de mezcla semicaliente con una mezcla denominada de control, que contiene caucho pero no aditivo de mezcla semicaliente.

2. Materiales

2.1 Betún

El betún usado en esta investigación es un betún 50/70. En la Tabla 1 se pueden observar las especificaciones de dicho betún, donde la penetración se determinó de acuerdo con la norma EN 1426, mientras que el punto de reblandecimiento se determinó con la norma UNE EN 1427. El betún se sometió también a un fraccionamiento de los betunes asfálticos según la norma NLT 373/94.

Tabla 1. Especificaciones del betún 50/70

Propiedades	Unidad	Resultados
Penetración (25°C)	0.1 mm	55,4
Punto de reblandecimiento	°C	51,1
Composición	Unidad	Resultados
Asfaltenos	(%)	13,8
Saturados	(%)	9,7
Naftenos-aromáticos	(%)	48,5
Aromáticos-polares	(%)	28,0

peratura se logra un menor consumo de energía, de combustibles y de costes además de menores emisiones de dióxido de carbono, elemento clave en el desarrollo sostenible. Para conocer con precisión cuáles serían los beneficios ambientales sería necesario contabilizar en el análisis de ciclo de vida de la producción de estas mezclas el impacto indirecto de las emisiones

2.2 Polvo de neumático

El polvo de neumático de caucho fue fabricado por trituración mecánica a temperatura ambiente, 50% a partir de neumáticos para camiones y 50% a partir de neumáticos de automóvil. Para garantizar la coherencia, se utilizó un solo lote de

polvo de neumáticos en este estudio. Su granulometría se presenta en la Tabla 2 y fue proporcionada por el proveedor.

Tabla 2. Características generales

Tamiz (mm) (UNE EN 933-2)	Acumulado (%)
2	100
1,5	100
1	100
0,5	94.1
0,25	23.7
0,125	3.7
0,063	0.4

2.3 Aditivos de mezcla semicalientes

Se han seleccionado dos ceras: una cera Fischer-Tropsch (F-T) y una cera de amidas de ácidos grasos. Las ceras F-T están dentro de la categoría de ceras denominadas sintéticas y consisten en hidrocarburos de muy alto peso molecular, con un punto de fusión entre los 85 °C y 115 °C y que presentan una alta dureza [6, 7]. Esta cera es denominada en este estudio como C1.

Las ceras de amidas de ácido graso se caracterizan por ser producidas sintéticamente mediante la reacción de amidas con grasas ácidas y el punto de fusión se encuentra entre los 141 °C y 146 °C. Por simplicidad, esta cera es denominada como C2 [8].

2.4 Preparación de los ligantes

Para obtener los ligantes con caucho y aditivos de mezclas semicalientes, se calentaron 750 g de betún 50/70 a 140 °C. Después, los aditivos orgánicos se añadieron al betún y se mezclaron durante 15 minutos a 4.000 rpm. Posteriormente, la mezcla resultante de betún y aditivo se calentó a 185 °C y a continuación se incorporó el caucho. Después el ligante resul-

tante se mezcló 30 minutos a 2.000 rpm y de nuevo durante 30 minutos a 900 rpm, todo ello a 185 °C.

2.5 Áridos

Los áridos empleados para obtener las mezclas de esta investigación han sido milonita, caliza y filler. Las diferentes fracciones se pueden observar en la Tabla 3 y la granulometría en

Tabla 3. Áridos

Áridos	Tamaño
Milonita	8/11
Milonita	4/8
Caliza	2/4
Caliza	0/2

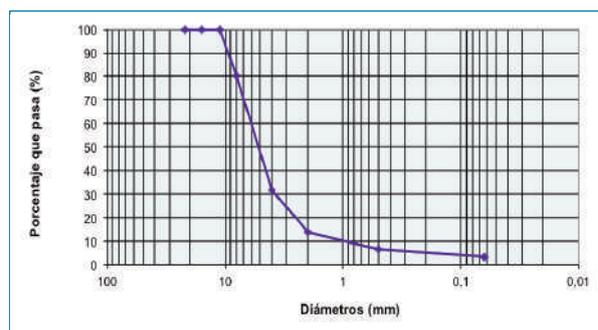


Figura 1: Granulometría de las mezclas estudiadas

la Figura 1.

La denominada mezcla de control es aquella que no contiene aditivo, solo contiene un 9% de ligante del cual un 20% es caucho. Las mezclas objeto de estudio son aquellas que, además de un 9% de ligante con caucho, llevan un 4% sobre el peso del mismo de ceras, es decir, son las mezclas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes, que en este estudio han sido denominadas como mezclas MSC.

En la Tabla 4 se presentan las diferentes mezclas de este estudio: su nombre, el tipo de mezcla, el contenido de caucho, el tipo de aditivo y su contenido así como las temperaturas de

Tabla 4. Nombre y tipos de mezclas estudiadas y sus correspondientes temperaturas de producción/compactación

Nombre de la mezcla	Tipo de mezcla	Caucho (%)	Tipo de cera	Aditivo (%)	Tª de producción	Tª de compactación
Control	Mezcla con caucho	20	-	-	180	170
MSC-C1	Mezcla con caucho y cera	20	Cera F-T (C1)	4	170,160,150	160,150,140
MSC-C2	Mezcla con caucho y cera	20	Cera de amidas de ácidos grasos (C2)	4	170,160,150	160,150,140

Compactabilidad y propiedades mecánicas de mezclas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes

compactación y fabricación. Los contenidos de caucho y de aditivo se refieren al peso del ligante modificado.

La selección de las temperaturas de producción y compactación de la mezcla de control están basadas en estudios anteriores que consideran que la temperatura de fabricación de estas mezclas con caucho oscilan entre 175°C y 180°C [4]. Las mezclas con caucho y ceras, es decir, las mezclas MSC, son evaluadas y comparadas con la mezcla de control de manera que se pueda establecer cuál es el efecto del aditivo cuando las temperaturas son disminuidas 10 °C, 20 °C y 30 °C.

El diseño de la mezcla se llevó a cabo de acuerdo con trabajos experimentales previos donde se tiene en cuenta el contenido de huecos, la sensibilidad al agua y la resistencia a deformaciones permanentes [4], [9]. El principal propósito de este tipo de mezclas es evitar el fisuramiento y prolongar la vida del pavimento. Por esta razón, tiene un alto contenido de ligante, un 9% sobre el peso de los áridos. Estas mezclas, para evitar las deformaciones plásticas permanentes, tienen un alto porcentaje de huecos comparado con las mezclas densas. Esto permite la expansión térmica del ligante cuando hay altas temperaturas sin que se produzcan roderas.

3. Metodología

Se realizaron una serie de ensayos de compactabilidad conforme a la norma UNE EN 12697-10:2003 y las probetas se prepararon conforme a la norma UNE EN 12697-30:2013. Para estudiar la temperatura de fabricación de las mezclas MSC, estos ensayos se llevaron a cabo a diferentes temperaturas. Las probetas se prepararon a las temperaturas seleccionadas, usando el compactador Marshall dando 200 golpes, 100 por cara, tal y como establece la norma UNE EN 12697-10:2003. Durante la compactación se fue registrando el espesor de cada una de las probetas. En el estudio de compactabilidad, las densidades con las que se obtiene la curva de compactabilidad es geométrica y se calcula con el espesor de las probetas.

El ensayo de la sensibilidad al agua se llevó a cabo de acuerdo con la norma UNE EN 12697-12 y la determinación de la resistencia a la tracción indirecta conforme a la norma UNE EN 12697-23. El ensayo para evaluar las deformaciones permanentes se realizó según la norma UNE EN 12697-22 y las mezclas se compactaron según la norma UNE EN 12697-33. El módulo de rigidez se determinó con la norma NLT 349/90 a 20 °C y la frecuencia usada fue de 10 Hz. La resis-

tencia a fatiga se determinó mediante el ensayo a flexión en cuatro puntos de acuerdo con la norma UNE EN 12697-24, a una frecuencia de 10 Hz y a 20 °C.

4. Resultados

4.1 Compactabilidad

Con el estudio de compactabilidad es posible obtener una serie de curvas donde se puede observar la evolución de las densidades, que en este caso son obtenidas geométricamente, según van disminuyendo los espesores de las probetas con los impactos de la compactadora. Una vez se obtienen estas curvas se puede determinar cuánto es posible disminuir la temperatura de producción comparando las mezclas MSC con la mezcla de control. Se podrá reducir tanta temperatura mientras la mezcla objeto de estudio tenga una densidad similar a la de referencia.

Los resultados obtenidos se pueden observar en la Figura 2 y en la Figura 4 donde se presentan las curvas de compactabilidad de la mezcla de control y de las mezclas MSC a diferentes temperaturas de compactación. En la Figura 3 y en la Figura 5 se presentan, para su mejor observación, una ampliación de las curvas de compactabilidad desde los 120 °C a los 160 °C.

La compactación, se llevó a cabo con una reducción de la temperatura de 10 °C, 20 °C y 30 °C en comparación con la mezcla de control que fue compactada a 170 °C. También se decidió presentar las curvas hasta 160 golpes en vez de los 200 golpes que se efectuaron para una mejor observación de la gráfica.

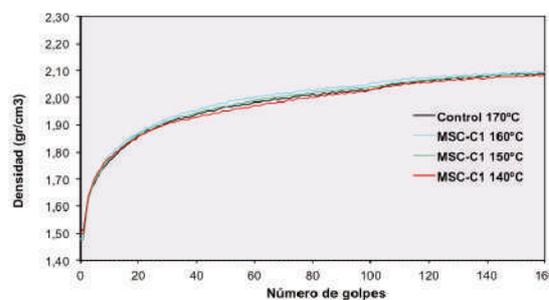


Figura 2: Compactabilidad de las mezclas de control y MSC-C1

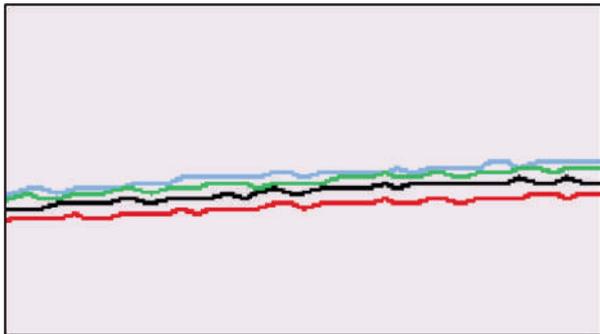


Figura 3: Detalle de las curvas de compactabilidad de las mezclas de control y MSC-C1 de los 120 °C a 160 °C

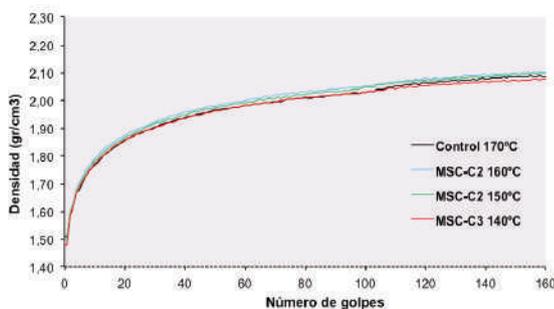


Figura 4: Compactabilidad de la mezclas de control y MSC-C2

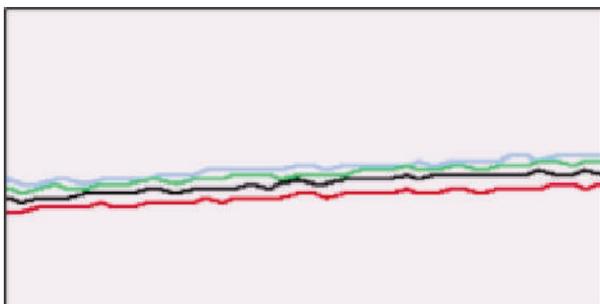


Figura 5: Detalle de las curvas de compactabilidad de las mezclas de control y MSC-C2 de los 120 °C a 160 °C

Comparando las curvas de compactación obtenidas, se puede observar que las diferentes temperaturas a las cuales se han compactado las mezclas tienen un efecto sobre la compactabilidad de las mezclas, ya que cuando estas temperatu-

ras disminuyen, también lo hacen las densidades. También se puede observar que la curva de MSC-C1 a 150 °C se solapa con la curva de la mezcla de control, compactada a 170 °C, luego la temperatura de compactación se puede reducir 20 °C y la densidad de esta sería la misma que la de control. De forma análoga, para la mezcla MSC-C2, la temperatura podría disminuirse en 25 °C ya que la mezcla de control se encuentra entre las mezclas producidas a 140 °C y 150 °C.

Debe señalarse que la densidad del estudio de compactabilidad se calcula con la evolución del volumen geométrico de la probeta, por lo tanto, depende de la evolución del espesor de la misma. En ambos casos, tanto con la adición de la cera C1 y de la cera C2, se ha logrado disminuir significativamente la temperatura de fabricación/compactación.

4.2 Sensibilidad al agua

Los resultados de la resistencia a la tracción indirecta expresada en porcentaje (o resistencia conservada) ITSR y de resistencia a la tracción indirecta del grupo de probetas húmedas/húmedas, ITSw y ITSD respectivamente, se presentan en la Tabla 5.

Para la mezclas MSC, la resistencia a la tracción indirecta tanto de las probetas húmedas como de las secas, disminuyen al disminuir la temperatura de compactación, debido probablemente al aumento del contenido de huecos que experimenta las mezclas al disminuir las temperaturas de fabricación/compactación.

A la vista de los resultados, se puede observar que la cera C1 empeoró la resistencia conservada con respecto a la mezcla de control, ya que esta que tiene un valor de un 96% mientras que la mezcla MSC-C1, tiene un valor entorno al 88%, independientemente de las diferentes temperaturas de fabricación/compactación. Este resultado puede ser debido al efecto que tiene la cera con respecto a la adhesión y a la cali-

Tabla 5. Resultados de sensibilidad al agua

Mezcla	Tª de compactación	ITSw (MPa)	ITSD (MPa)	ITSR (%)	Huecos (%)
Control	170	1,047	1,085	96	7,00
MSC-C1	160	0,866	0,978	89	6,95
	150	0,861	0,973	88	7,37
	140	0,783	0,887	88	7,67
MSC-C2	160	0,986	1,035	95	6,91
	150	0,818	0,888	92	7,25
	140	0,786	0,869	90	7,46

Compactabilidad y propiedades mecánicas de mezclas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes

dad del mástico. Sin embargo, ese valor de más de un 88% está muy cercano a cumplir con los requisitos de sensibilidad de agua para una capa de rodadura, que exigen un 90% de la resistencia conservada [10]. Además, este problema se puede solucionar con la adición de un activante directamente incorporado al ligante tal y como establece la propia normativa.

En cuanto a la cera C2, también disminuyó la resistencia conservada con respecto a la mezcla de control, pero en este caso incluso cuando se disminuyen 30 °C la temperatura de fabricación de la mezcla, cumple con el requisito de sensibilidad de agua para una capa de rodadura.

4.3 Resistencia a deformaciones permanentes

La evolución de la profundidad de la rodera (RD) en aire de la mezcla de control y de las mezclas MSC con el número de ciclos de carga a 60 °C se puede observar en la Figura 6 y en la Figura 7. Debido a la incorporación de las ceras, las curvas de las mezclas MSC se han desplazado hacia abajo considerablemente a cualquiera de las temperaturas de compactación.

Esto significa que ambas ceras permiten una reducción notable de la RD y que las mezclas son más consistentes a 60 °C. Se puede observar en que al disminuir la temperatura de compactación, los valores de la RD aumentan, pero siguen siendo notablemente más bajos que los de la mezcla de control. Esto puede atribuirse a un mayor contenido de huecos que se produce según las temperaturas de compactación disminuyen y que podría contribuir a una post-compactación de la mezcla.

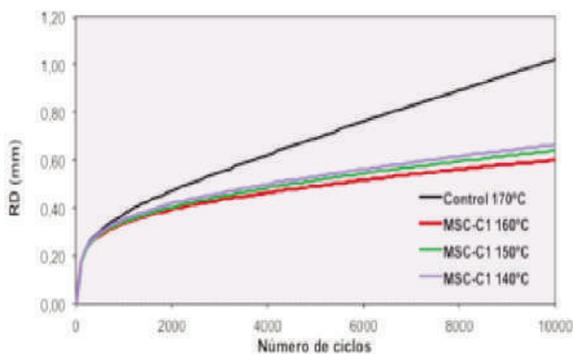


Figura 6: Evolución de la profundidad de la rodera de las mezclas de control y MSC-C1

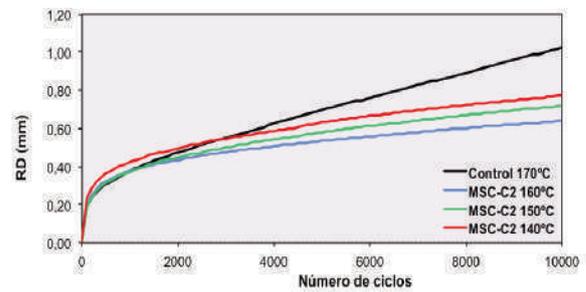


Figura 7: Evolución de la profundidad de la rodera de las mezclas de control y MSC-C2

Por otro lado, se puede observar en la Figura 8 y en la Figura 9 que los valores de la pendiente media de deformación (WTS) se redujeron notablemente comparado con la mezcla de control. En todos los casos, los valores de WTS están dentro de un intervalo de 0,03 a 0,04 mm/103 ciclos; es decir, aproximadamente la mitad del valor de mezcla de control. Conforme a estos resultados, se puede afirmar que las ceras seleccionadas mejoran notablemente la resistencia a las deformaciones permanentes con respecto a la mezcla de control.

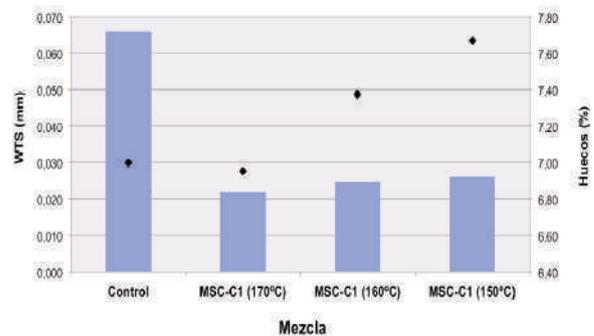


Figura 8: Pendiente media de la deformación en pista de las mezclas de control y MSC-C1

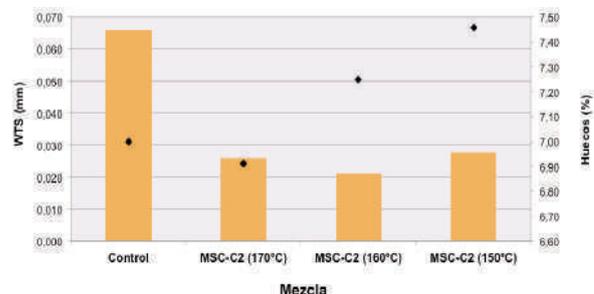


Figura 9: Pendiente media de la deformación en pista de las mezclas de control y MSC-C2

4.4 Módulo de rigidez

Los resultados del módulo de rigidez se presentan en la Fi-

gura 10.

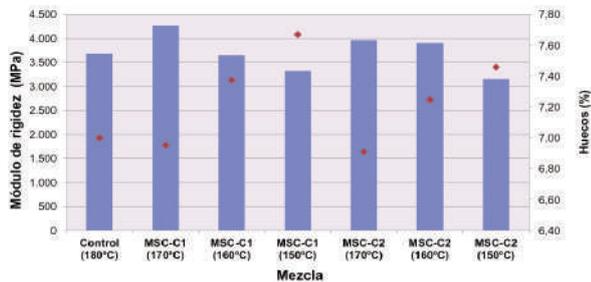


Figura 10: Módulo de rigidez de las mezcla de control y MSC a 10 Hz y 20 °C

Para ambas mezclas MSC, cuando las temperaturas de compactación se redujeron, el contenido de huecos aumentó y, en consecuencia, el módulo de rigidez disminuyó. Por otra parte, para determinar el efecto de las ceras, se debe comparar la mezcla control y las mezclas MSC con un contenido de huecos similar, que en este caso son la mezclas MSC a 170 °C. Estas mezclas presentan un mayor módulo de rigidez en comparación con la mezcla de control, por lo que las ceras endurecen las mezclas a 20 °C. Esto está en consonancia con el hecho de que las ceras tienen temperaturas de fusión superiores a la temperatura a la que se realizó la prueba, lo que significa que a temperaturas más bajas las ceras ayudan a endurecer las mezclas. En resumen, el módulo de rigidez cambia debido a la combinación de dos factores: el aditivo, que aumenta la rigidez, y el mayor contenido de huecos, lo que disminuye el módulo de rigidez.

4.5 Fatiga

Aunque el tipo de mezcla objeto de estudio está pensada como capa de rodadura y, por lo tanto, no fallará a fatiga, para tener una mejor comprensión de la misma, se decidió hacer el ensayo de fatiga pero solo a una de las temperaturas de fabricación/compactación, la que se corresponde con 20 °C menos que la mezcla de control, siendo representativa del comportamiento del material. Del ensayo a flexión en cuatro puntos se puede obtener las líneas de fatiga que se muestran en la Figura 11.

La resistencia a la fatiga de la mezcla MSC-C1 fue similar a la de la mezcla de control, mientras que la de la mezcla MSC-C2 mostró una mejora notable. La vida de la fatiga se compara a menudo en términos del valor de la deformación ϵ_6 , que corresponde a 10^6 ciclos. Estos valores se muestran en la Tabla 6.

En general, las ceras no comprometen el rendimiento de la fatiga.

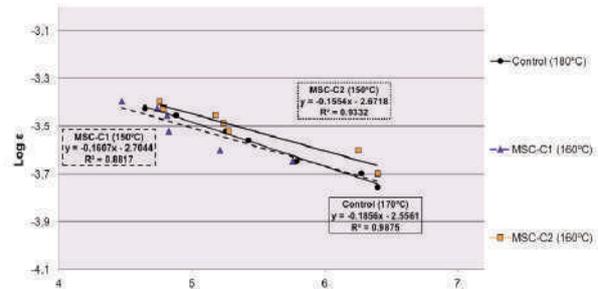


Figura 11: Leyes de fatiga de las mezclas de control y MSC a 10 Hz y 20 °C

Tabla 6. Valores de deformación ϵ_6 de las mezclas de control y MSC

Mezcla	Log ϵ_6
Control	-3.67
MSC-C1	-3.67
MSC-C2	-3.60

5. Conclusiones

Este estudio evaluó los efectos de una cera Fischer-Tropsch (cera C1) y de una cera de amidas de ácidos grasos (cera C2) sobre la compactabilidad y el comportamiento mecánico de mezclas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes (9% de betún modificado sobre el peso de los áridos, 20% de caucho sobre el peso del betún neto). La mezcla de control se fabricó a 180°C y las mezclas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes (denominadas en este estudio como mezclas MSC) se fabricaron a 170 °C, 160 °C y 150 °C. Se estudió la compactabilidad y se evaluó la sensibilidad al agua, el módulo de rigidez, la resistencia a la deformación permanente y la resistencia a fatiga. Las principales conclusiones fueron las siguientes:

Según el estudio de compactabilidad, la presencia de las ceras en la mezclas logran disminuir la temperatura de fabricación/compactación entre 20 °C y 25 °C. El contenido de huecos disminuyó cuando las mezclas MSC se fabricaron a 10 °C por debajo de la mezcla de control y aumentaron ligeramente cuando se fabricaron a 20 °C y 30 °C por debajo de la temperatura de producción de la mezcla de control. Este aumento nunca fue más del 0,4% y 0,7% en el caso de la cera C1 y la cera C2 respectivamente.

Respecto a la sensibilidad al agua, los resultados muestran

Compactabilidad y propiedades mecánicas de mezclas con caucho y aditivos de mezclas semicalientes

que la adición de las ceras reduce la resistencia conservada hasta cierto grado. La mezcla de MSC-C2 satisface los requisitos de sensibilidad al agua en España (90%) pero no la mezcla MSC-C1 (88%). Esto se debe a la presencia de las ceras en el mástico. También se percibió que a medida que disminuían las temperaturas de producción/compactación, la resistencia conservada era también más baja como consecuencia de un porcentaje ligeramente mayor de huecos. Esta limitación significa que debe estudiarse el uso de activantes para mejorar la sensibilidad al agua de las mezclas MSC.

También se observó que, en comparación con la mezcla de control, las ceras redujeron la profundidad de la rodera a menos de la mitad. Las ceras tienen puntos de fusión por encima de los 90 °C, por lo que parece que por debajo del punto de fusión las ceras ayudan a endurecer las mezclas MSC. Además, las ceras mejoran significativamente el rendimiento de la resistencia a roderas de la mezcla de control a pesar de ser producidas a temperaturas considerablemente más bajas, lo que confirma la eficacia de las ceras en cuanto a resistencia a la deformación permanente.

En cuanto al módulo de rigidez se observó que las mezclas de MSC presentan valores mayores o iguales en comparación con la mezcla de control, excepto para las mezclas producidas a 150 °C. Desde el punto de vista del rendimiento mecánico, un módulo de rigidez más alto es ventajoso porque esto permite una mejor distribución de las cargas de tráfico en las capas inferiores. En otras palabras, con una temperatura de producción de 150 °C, hay un módulo menor a 20 °C que puede provocar daños estructurales en las capas más bajas del pavimento. Sin embargo, como las mezclas MSC se utilizan principalmente para capas superficiales (3-5 cm de espesor), el efecto estructural es limitado.

Respecto a la resistencia a la fatiga las ceras estudiadas no comprometen el rendimiento de la mezcla de control en términos de resistencia a la fatiga a 20°C ya que las mezclas MSC tuvieron la misma o mayor resistencia a la fatiga. Sin embargo, las mezclas de MSC se ven sometidas a deformación por compresión y, dado que el fallo a fatiga está relacionado con la deformación por tracción, desde la perspectiva del comportamiento mecánico, estos resultados particulares son menos relevantes que la sensibilidad al agua, la deformación permanente o el módulo de rigidez.

En definitiva, el estudio sugiere que las ceras elegidas para el estudio logran disminuir las temperaturas de

fabricación/compactación, mejoran la resistencia a las deformaciones permanentes y a la fatiga, empeoran ligeramente la sensibilidad del agua y no afectan significativamente el módulo de rigidez. Por lo tanto, los aditivos de mezclas semicalientes estudiados pueden incorporarse para producir mezclas con caucho más sostenibles, ya que las temperaturas de producción podrían reducirse sin comprometer el comportamiento mecánico de las mismas.

6. Referências bibliográficas

- [1] Huang B, Mohammad LN, Graves PS, Abadie C., "Louisiana experience with crumb rubber-modified hot-mix asphalt pavement." *Transport Res Rec: J Transport Res Board*, vol. 1789:1–13, 2002.
- [2] L. S. Liang RY, "Short-term and long-term aging behavior of rubber modified asphalt paving mixtures," *Transport Res Rec: J Transport Res Board*, vol. 1530:11–7., 1996.
- [3] Shen J, Amirkhanian S, Lee S-J, "Effects of rejuvenating agents on recycled aged rubber modified binders," *Int J Pavement Eng*, vol. 6(4):273–9, 2005.
- [4] CEDEX, "Manual de Empleo de Caucho de NFU en Mezclas Bituminosas". Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente, 2007.
- [5] United Nations, "Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change," 1992.
- [6] V. Hirsch, "Warm Mix Asphalt Technologies. BAST, Germany, Presentation to WM A Scan Team," 2007.
- [7] M. Nölting, "10 Years of Sasobit Technology Experiences, Applications and Outlook. BAST, Germany, Presentation to WM A Scan Team.", 2007.
- [8] D'Angelo et al, "Warm-mix asphalt: European practice Report No FHWA-PL-08-007," 2008.
- [9] J. Gallego et al, "Thermal sensitivity and fatigue life of gap-graded asphalt mixes incorporating crumb rubber from tire waste," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1998, pp. 132–139, 2007.
- [10] Ministerio de Fomento, " Colección normativa técnica. Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3). Artículo 543: Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas", 2014.

Análisis probabilístico del costo del ciclo de vida de técnicas de preservación de pavimentos

Natalia Zúñiga García, nzuniga@utexas.edu

Jorge A. Prozzi, cprozzi@mail.utexas.edu

Universidad de Texas en Austin, Estados Unidos

Universidad de Texas en Austin, Estados Unidos

En este trabajo se presenta la investigación que llevó al desarrollo y la implementación de una metodología probabilística para el análisis del costo del ciclo de vida de las principales técnicas de preservación de pavimentos utilizadas en Texas: tratamientos superficiales, micro-aglomerados y sobrecapas delgadas de mezcla asfáltica en caliente. El análisis se realizó mediante la simulación de Monte Carlo, utilizando información histórica de más de 14.000 proyectos de mantenimiento y rehabilitación construidos entre 1994 y 2015, obtenidos de las bases de datos del Departamento de Transportes de Texas (TxDOT). La información sobre la vida efectiva y el costo de los proyectos de mantenimiento preventivo fue utilizada para desarrollar un análisis probabilístico del costo del ciclo de vida. Los principales resultados muestran que los tratamientos superficiales representan la técnica más económicamente eficiente, a pesar de que la vida efectiva de las tres técnicas es similar.

Palabras Clave: análisis económico, costo del ciclo de vida, preservación de pavimentos, mantenimiento preventivo, tratamientos superficiales, micro-aglomerados, sobrecapas delgadas.

This paper summarizes the research study conducted to develop and implement a probabilistic methodological framework to evaluate the life cycle cost of three different preventive maintenance treatments applied in Texas: chip seals, microsurfacing, and thin overlays. The analysis is based on Monte Carlo simulations using information of +14,000 maintenance and rehabilitation projects built from 1994 to 2015. The information was obtained from Texas Department of Transportation (TxDOT) databases. The analysis is based on a stochastic evaluation of the effective life and cost to develop a life cycle cost analysis framework. Among the principal results, it was found that chip seals are the most cost-effective treatments and present the lower life-cycle cost variability.

Keywords: economic analysis, life cycle cost analysis, pavement preservation, preventive maintenance, chip seals, microsurfacing, thin overlay.

1. Introducción

Las carreteras representan un activo de infraestructura crítico para los gobiernos y los ciudadanos y para las agencias de transporte que los administran. La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE en inglés) ha calificado las condiciones actuales de las carreteras en Estados Unidos con una nota de D+ (en riesgo), que corresponde al puntaje más bajo posible [1]. Adicionalmente, la Administración Federal de Carreteras de EE. UU. (FHWA en inglés) estimó que se necesitan aproximadamente US\$170 millardos anuales para mejorar las condiciones y el rendimiento de las carreteras existentes [1].

Una parte importante del presupuesto de las agencias de transporte se asigna a la implementación de técnicas de preservación del pavimento. Estas técnicas se aplican con el fin de extender la vida del pavimento y, en algunos casos, incrementar su capacidad estructural. A pesar de las mejoras en la recolección de datos para la estimación de la vida útil de las prácticas de mantenimiento y rehabilitación, esta información no ha sido utilizada extensivamente [2]. Evidencia empírica ha demostrado que un mantenimiento oportuno es el mejor método para retrasar la tasa de deterioro de un pavimento y, por lo tanto, extender su vida útil, resultando en ahorros importantes de presupuesto que podrían ser destinados para mejorar la infraes-

Análisis probabilístico del costo del ciclo de vida de técnicas de preservación de pavimentos

estructura vial. Sin embargo, es necesaria la implementación de una metodología estadística (o estocástica) que considere la incertidumbre para cuantificar los beneficios de la aplicación de trabajos de rehabilitación, mantenimiento preventivo, y mantenimiento rutinario.

Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar e implementar una metodología estadística para el análisis del costo del ciclo de vida (CCV), que permita evaluar y comparar secciones de carreteras sujetas a distintas técnicas de preservación de pavimentos, utilizando información del Departamento de Transportes de Texas (TxDOT). Para ello, se analizó la información histórica de más de 14.000 proyectos mantenimiento y rehabilitación construidos entre 1994 y 2015.

1.1 Tratamiento de mantenimiento preventivo

La FHWA define la preservación del pavimento como un programa de estrategias a largo plazo empleado en la red vial, que permite mejorar las condiciones del pavimento, implementando una serie de prácticas económicamente eficientes que permiten extender la vida útil del pavimento, y mejorar la seguridad y el confort del usuario [3]. Las prácticas de conservación del pavimento están conformadas por tres componentes principales: rehabilitación menor o no-estructural, mantenimiento preventivo y mantenimiento rutinario [3].

El mantenimiento preventivo consiste en la aplicación sistemática de tratamientos de mantenimiento durante la vida útil del pavimento, que permiten mantener el pavimento en buenas condiciones, extender la vida útil y minimizar el costo del ciclo de vida [4]. La aplicación de tratamientos de mantenimiento preventivo es crucial para el programa de preservación del pavimento. Estos tratamientos son aplicados cuando la carretera se encuentra en buenas condiciones y solamente presenta daños menores. Es decir, antes de que el pavimento presente daños significativos y sea necesaria la colocación de una sobrecapa de refuerzo estructural o el reemplazo total de la estructura. Existen diferentes tratamientos de mantenimiento preventivo para pavimentos de concreto, mezcla asfáltica, y sistemas de drenaje. Las técnicas de preservación analizada en el presente estudio incluyen las principales técnicas utilizadas en Texas para mantenimiento preventivo de pavimentos de mezcla asfáltica: tratamientos superficiales, micro-aglomerados y sobrecapas delgadas de mezcla asfáltica en caliente.

1.1.1 Tratamientos superficiales

Los tratamientos superficiales son un revestimiento que consiste en la colocación de material bituminoso (cemento asfáltico o emulsión asfáltica) sobre la superficie del pavimento, seguida de una capa de agregado de tamaño uniforme [5]. Son empleados para sellar pequeñas grietas, impermeabilizar y mejorar la fricción de la superficie. También son utilizados como capa de rodamiento en carreteras de bajo volumen vehicular [5].

1.1.2 Micro-aglomerados

Los micro-aglomerados, también conocidos como micro-pavimentos, están compuesto por una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado, filler, agua y aditivos. Son colocados sobre la superficie del pavimento para prevenir el desprendimiento de material y la oxidación del asfalto [5]. Es efectivo para mejorar la fricción y rellenar irregularidades menores y corregir ahuellamientos.

1.1.3 Sobrecapa delgada

Las sobrecapas delgadas de mezcla asfáltica en caliente consisten en la colocación de una sobrecapa no-estructural de menos de 25 mm de espesor [5]. Se colocan para mejorar la fricción de la superficie, corregir irregularidades y reducir la permeabilidad.

1.2 Análisis del costo del ciclo de vida

El análisis del CCV es un procedimiento para evaluar el costo económico total de un proyecto, analizando costos iniciales y futuros, y tomando en cuenta costos de mantenimiento, uso, reconstrucción, rehabilitación y restauración, sobre el total de la vida útil del proyecto en estudio [6]. El análisis del CCV es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, utilizada frecuentemente por parte de las agencias de transporte, para comparar los costos de diferentes alternativas de proyectos. Es considerado un tipo de análisis costo-beneficio, que consiste en una herramienta de evaluación económica que permite comparar los costos y beneficios de distintas alternativas, permitiendo así la selección de la opción óptima desde el punto de vista económico [7].

1.2.1 Tipos de análisis del costo del ciclo de vida

Existen dos tipos de análisis del CCV: determinístico y probabilístico (o estocástico). Estos métodos difieren en la manera en la que es considerada la variabilidad e incertidumbre de los parámetros de entrada (costos, tasa de descuento, vida útil total, entre otros) [6]. El análisis determinístico incluye el uso de parámetros de entrada fijos, que generan resultados con valores fijos. El valor medio de los parámetros es estimado con base en evidencia histórica o en la experiencia del analista. En este tipo de análisis se requiere un estudio de sensibilidad, en el que se varía uno de los parámetros de entrada, y se mantienen el resto de valores constante, esto permite evaluar la validez de las suposiciones. Entre las desventajas del método determinístico se encuentra la imposibilidad de determinar el nivel de incertidumbre de los resultados y en consecuencia no se pueden hacer análisis de riesgo.

Por otra parte, el análisis estocástico permite la evaluación de parámetros de entrada definidos por una distribución de probabilidad obtenida basada en datos reales [6]. El método estocástico incluye la descripción probabilística de variables aleatorias y técnicas de simulación por computadora, como la simulación Monte Carlo [8]. Este método es más robusto y realista que el análisis determinístico.

1.2.2 Metodología para el análisis del ciclo de vida

Según la FHWA, la metodología para realizar un análisis del CCV consiste en cinco pasos principales:

1. Establecimiento de las alternativas
2. Determinar la frecuencia de las actividades
3. Estimar los costos
4. Calcular los costos del ciclo de vida
5. Analizar los resultados

El primer paso consiste en establecer las diferentes alternativas que incluyen la expectativa de la vida útil, tratamientos de mantenimiento periódicos y las actividades de rehabilitación estimadas para cada alternativa. Generalmente estas alternativas son determinadas con base en la experiencia de prácticas previas, investigación o políticas de las agencias [8]. Posteriormente se debe de determinar la frecuencia de aplicación de las actividades de mantenimiento y rehabilitación. La estimación de la frecuencia debe de ser basada en registros de desempeño de activos existente [8]. Esta información esta típicamente dis-

ponible en los buenos sistemas de gestión aunque generalmente no es fácil de extraer directamente.

El análisis del CCV toma en cuenta los costos que afectarían a la agencia y a los usuarios, como resultado de la construcción y las actividades de mantenimiento. Sin embargo, el análisis no requiere de la estimación de todos los costos asociados con cada alternativa, se requiere únicamente la estimación de los costos que demuestren diferencias entre las alternativas analizadas.

Adicionalmente, se debe de tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo, que corresponde al cuarto paso sugerido en la metodología. Para esto se utilizan métodos económicos que transforman el costo proyectado de cada actividad en valor presente, así los todos los costos durante la vida útil de las alternativas pueden ser comparados de manera directa. Existen distintos indicadores económicos que se pueden utilizar en el análisis del CCV. Entre los más comunes se pueden nombrar: razón Beneficio/Costo (B/C), Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN) y Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).

La razón de B/C representa los beneficios descontados netos dividido entre los costos descontados netos. Esta metodología no es recomendada para análisis del CCV de pavimentos debido a la dificultad de determinar estimados confiables de costos y beneficios [5]. La TIR representa la tasa de descuento necesaria para que los beneficios y costos descontados sean iguales. Aunque este indicador no provee un criterio de decisión final, determina información útil, particularmente si el presupuesto es limitado o si la tasa de descuento utilizada no es confiable [5]. La TIR comúnmente utilizado en concesiones viales.

El VPN y el CAUE son utilizados para convertir los flujos de costos en un único valor económico, utilizando una tasa de descuento determinada. La literatura sugiere que el VPN es el indicador económico más utilizado en el análisis del CCV de pavimentos, ya que provee una base de comparación equitativa [8, 9]. El VPN puede ser estimado utilizando la Ecuación 1; en caso de que los periodos analizados no incluyan años enteros, se debe utilizar la ecuación de composición continua (Ecuación 2). El CAUE convierte los resultados del VPN en pagos anual equitativos durante el periodo de análisis, lo cual es particularmente útil para las agencias en las que el presupuesto se estima de manera anual. El CAUE puede ser estimado luego del cálculo del VPN utilizando la Ecuación 3.

Análisis probabilístico del costo del ciclo de vida de técnicas de preservación de pavimentos

$$VPN = \text{Costo inicial} + \sum_{k=1}^N \text{Costo de rehabilitación}_k \left[\frac{1}{(1+i)^{n_k}} \right] \quad (1)$$

$$VPN = \text{Costo inicial} + \sum_{k=1}^N \text{Costo de rehabilitación}_k \left[\frac{1}{\exp(i \cdot n_k)} \right] \quad (2)$$

$$CAUE = VPN \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3)$$

Finalmente, los resultados del estudio económico son analizados. La decisión final toma en cuenta la alternativa que representa la opción más económicamente eficiente

2. Caso de estudio

El presente estudio se basó en el desarrollo y aplicación del análisis del CCV de las principales técnicas de preservación de pavimentos utilizadas en Texas. Para esto, se contó con el acceso a distintas bases de datos e información de TxDOT. Sin embargo, para obtener la información requerida para el análisis, fue necesario el procesamiento y fusión de las distintas fuentes de información tales como: Design and Construction Information System (DCIS), Pavement Management Information System (PMIS), Maintenance Management Information System (MMIS), Site Manager (SM) y Compas.

Las bases de datos de TxDOT que contienen información de proyectos de mantenimiento y rehabilitación pueden dividirse en dos grupos, el primero contiene información sobre proyectos bajo contrato (DCIS y SM), el segundo contiene datos de proyectos internos, realizados por TxDOT (MMIS y Compas) [10]. El primer grupo es la fuente primaria de los datos utilizados en este proyecto debido a que contiene información más precisa y detallada. El objetivo de procesar las bases de datos es obtener información sobre los proyectos de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos tales como la localización, la vida efectiva, el costo, y otros detalles como la información del tránsito.

La base de datos final contiene información histórica de proyectos de mantenimiento y rehabilitación entre 1994 y 2015. Para el análisis únicamente se utilizó información de proyectos de mantenimiento preventivo, que corresponde a un total de 14.372 proyectos que incluyen tres diferentes tipos de tratamientos: tratamientos superficiales, micro-aglomerados y sobrecapas delgadas de mezcla asfáltica en caliente. Los proyec-

tos de mantenimiento preventivo analizados únicamente incluyen daño no estructural en el pavimento.

2.1 Vida útil efectiva

La vida útil de un tratamiento es un dato fundamental para el análisis del CCV, por lo tanto, la obtención de esta información de la base de datos es crítica. En esta sección se detalla el proceso realizado para obtener los datos de la vida útil de los tratamientos en estudio.

2.1.1 Procesamiento de datos

De las bases de datos se extrajo información de los proyectos de mantenimiento preventivo, que generalmente utilizan un número de identificación conocido como Sección de Control de Trabajo o Control Section Job (CSJ). Este número está compuesto por nueve dígitos, los seis primeros se refieren a la sección de control (localización del segmento de carretera) y los últimos tres números son identificadores del trabajo realizado. El día en el que el tratamiento fue colocado en una determinada sección y abierto al tráfico fue seleccionado como la fecha inicial, esta información fue extraída de SM. Además, el día en el que otro tratamiento fue colocado y abierto al tránsito en la misma sección corresponde al fin de la "vida útil" del tratamiento o "vida efectiva". El concepto de vida efectiva fue introducido en este trabajo para capturar secciones que son reparadas antes del fin de su vida útil. Para determinar este dato con mejor precisión, la fecha de finalización fue revisada y corregida detalladamente utilizando la base de datos MMIS.

Adicionalmente, estas fechas se corroboraron verificando que correspondieran al mejoramiento esperado según la condición del pavimento. Para esto, las curvas de desempeño del pavimento se inspeccionaron visualmente cuando las fechas se encontraban con dos años de diferencia del mejoramiento observado. Esta información se obtuvo del PMIS, que presenta datos de desempeño de las secciones en términos de la Puntuación de Condición o Condition Score (CS). Este indicador combina la calidad de viaje y la severidad de los daños en la estructura en un índice con escala de 0 a 100, donde 100 indica la mejor condición. Una superficie se considera en buenas condiciones si presenta un CS mayor a 70.

La vida de servicio o vida útil de un pavimento depende significativamente del volumen y las cargas vehiculares a las que

esté sometida la estructura. Por lo tanto, la información de tránsito y tipo de carretera también se extrajo de las bases de datos. La información procesada posee datos sobre el volumen de tránsito, las cargas vehiculares y tipo de carretera, tomada principalmente de PMIS. El procesamiento de esta información consistió en obtener el promedio de los datos de las secciones del PMIS localizadas dentro de la sección de análisis.

El volumen de tránsito está representado por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). El TPDA está definido como el volumen total de tránsito en un segmento de carretera durante un año, dividido entre 365 días [11]. Esta información puede ser obtenida de conteos vehiculares, que deben de ser ajustados para tomar en cuenta variaciones diarias (fines de semana y días entre semana) y estacionarias (por ejemplo, verano o invierno). Por otra parte, las cargas vehiculares están representadas mediante la Carga de Eje Equivalente o ESAL, que corresponde a un concepto desarrollado en el Ensayo de AASHO para establecer una relación que compara los efectos de diferentes cargas aplicadas a diferentes ejes. El eje de referencia corresponde a una carga de 80 kN (18.000 lb) en un eje simple [11].

Los tipos de carretera analizados corresponden a las designaciones utilizadas en Texas. TxDOT asigna diferentes designaciones a las carreteras dependiendo de su propósito, requerimientos de diseño y estándares de construcción. Para el presente análisis se utilizaron cuatro categorías jerárquicas. Las rutas primarias que incluyen las autopistas Interestatales (Interstate Highways), y las autopistas Nacionales (US Highways) que forman parte del sistema de autopistas que atraviesan más de un estado. Las autopistas Estatales (State Highways) que conforman la red de conexiones internas mantenidas por el Estado, que pueden pertenecer a rutas primarias y secundarias. Y las rutas de carreteras Rurales (Farm to Market Highways) que corresponden a las rutas secundarias que conectan las zonas rurales con los centros de población.

2.1.2 Análisis de sobrevivencia

El análisis de los datos arrojó una alta variabilidad en la vida efectiva, por lo que el enfoque más realista para el análisis es el CCV estocástico, utilizando la distribución de la vida efectiva en lugar del valor medio. Para esto, se utilizó un análisis similar al realizado por Serigos et al. [10]. Este estudio realizó un

análisis de la sobrevivencia de los tratamientos de mantenimiento preventivo, lo que permite incluir los casos en los que el tratamiento se encontraba aún en uso, y su vida útil aún no llega a su fin. Incluir esta información en el análisis de la vida efectiva permite una estimación más robusta. Esto se realizó mediante la consideración de los datos censurados y la aplicación de análisis de supervivencia o survival analysis.

Las curvas de supervivencia de los tres tratamientos en estudio se estimaron conjuntamente para evitar el impacto de variables "confusas" durante la comparación entre ellos. Además, se tomaron en cuenta otros factores que pudieran influenciar la duración del tratamiento. Para esto, se desarrolló un Modelo de Vida Útil Acelerado (MVUA) adoptando una distribución de Weibull. EL MVUA es una herramienta que se utiliza comúnmente en análisis de supervivencia y estudios de confiabilidad, para obtener el tiempo de falla aproximado. El modelo de sobrevivencia tomó como base el tratamiento superficial y tres covariables: el volumen (en 103 ESAL), la carga vehicular (TPDA) y el tipo de carretera. Este MVUA fue estimado empleando el paquete SURVIVAL del lenguaje de programación R. Utilizando este modelo, se obtuvieron los parámetros de escala (a) y de forma (b) que permiten estimar la densidad de probabilidad de la vida útil efectiva de cada tratamiento en estudio, usando la distribución Weibull mostrada en la Ecuación (4).

$$f(x|a, b) = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} e^{-(x/a)^b} \quad (4)$$

Donde, $a > 0$ es el parámetro escala y $b > 0$ es el parámetro de forma

2.2 Costos

Los costos de cada tratamiento fueron obtenidos con base en el costo final de cada proyecto, estimado una vez finalizada la colocación del tratamiento, los datos fueron adquiridos del PMIS y SM. Además, de la información procesada se obtuvo la longitud total de la sección y la cantidad de carriles. Con esta información fue posible estimar el costo por cada kilómetro por carril. Este costo es transformado a dólares del año 2016 utilizando el Índice de Inflación sugerido por la Oficina de Estadística de los Estados Unidos [12].

Las variaciones en los costos son consecuencia de los cambios en los costos de los materiales, ubicación de los proyectos, mano de obra utilizada, duración, entre otros. Con el fin

Análisis probabilístico del costo del ciclo de vida de técnicas de preservación de pavimentos

de tomar estas variables en cuenta para el análisis de CCV de los tratamientos, el costo también fue modelado estocásticamente. Para esto, se seleccionó la distribución Weibull, que evita la simulación de costos negativos. Para obtener los parámetros de escala y forma, similarmente se utilizó el paquete SURVIVAL en R, y se utilizaron los costos obtenidos de las bases de datos. En un trabajo reciente donde se utiliza esta misma base de datos, el costo se modeló utilizando la distribución normal logarítmica, para mayor información consultar Zuniga-Garcia et al. (2018) [13].

3. Análisis del costo del ciclo de vida

Para el análisis del costo del ciclo de vida se utilizó el método estocástico, debido a que este procedimiento permite tomar en cuenta la incertidumbre de los datos de entrada y medir la variabilidad en los resultados, lo cual puede ser utilizado en análisis de confiabilidad.

3.1 Metodología

El periodo de análisis establecido fue de 25 años. Durante este periodo se asumió la colocación sucesiva del mismo tipo tratamiento de mantenimiento preventivo sobre la superficie, actualmente esta práctica es común en muchas agencias de transporte. La Figura 1 ilustra la metodología empleada. El tiempo entre la aplicación de cada tratamiento está dado por la denominada vida efectiva, la cual posee una distribución Weibull. El costo total para el mantenimiento de la sección de carretera corresponde al costo de las aplicaciones del tratamiento durante el periodo de análisis, que también posee una distribución Weibull, menos el valor residual del tratamiento. El valor residual es definido como el valor monetario aproximado que el tratamiento tendría en un determinado momento de su vida útil, por lo que es calculado como el costo del tratamiento multiplicado por el porcentaje de vida útil remanente (Ecuación 5). Esto en caso de que, al momento de finalizar el periodo del análisis, el tratamiento aún no haya finalizado su vida útil efectiva.

$$V_{residual} = \frac{m_{res}}{m} (Costo) \quad (5)$$

Donde, m es la vida útil efectiva y m_{res} es la vida residual

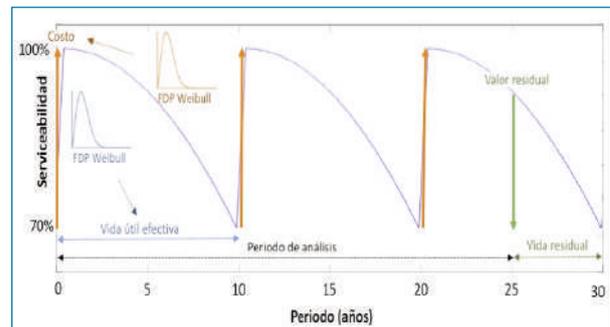


Figura 1. Metodología para el análisis estocástico del costo del ciclo de vida de fractura (Oller, 2011)

Para el análisis se utilizó una simulación de Monte Carlo con 100.000 repeticiones, que permite simular la vida útil efectiva y el costo, utilizando sus respectivas distribuciones de probabilidad. De esta manera se puede calcular un valor de VPN para cada una de las simulaciones realizadas. Por lo tanto, los resultados del VPN se pueden analizar tomando en cuenta la variabilidad. Para esto se utilizó el programa R. La tasa de interés utilizada fue de 4%, debido a que esta es la tasa de interés utilizada en la estimación del VPN en proyectos de carretera realizados en Texas [14].

El primer paso en el análisis fue la simulación de la vida efectiva. Para esto se utilizó R para generar 100.000 valores que siguen la distribución Weibull, utilizando los parámetros de escala (a1) y de forma (b1) estimados previamente para cada tratamiento. Igualmente, se simuló el costo generando 100.000 valores que siguen la distribución Weibull, para esto se utilizaron los parámetros de escala (a2) y de forma (b2) obtenidos del análisis de costos.

Posteriormente se estimó el costo del ciclo de vida mediante el VPN. Debido a que se obtuvieron las distribuciones de la vida efectiva y del costo, también se obtuvo la distribución del VPN. El VPN se estimó para cada una de las 100.000 simulaciones realizadas previamente implementando la Ecuación 6 en R.

$$VPN_{jk} = C_{jk} + \sum_{x=1}^{z_1} \frac{C_{jk}}{\exp[i \cdot (x - m_{jk})]} - \frac{V_{res}}{\exp(25 \cdot i)} \quad (6)$$

Donde,
j = tipo de tratamiento (sobrecapa delgada, micro-aglomerado o tratamiento superficial)
k = iteraciones de Monte Carlo (de 1 a 100.000)
VPN_{jk} = Valor Presente Neto del tratamiento j en la iteración k
C_{jk} = costo en el año 2016 del tratamiento j en la iteración k
m_{jk} = vida útil efectiva para el tratamiento j en la iteración k
z = 25/m_{jk} (aplicaciones del tratamiento j durante el periodo de análisis de 25 años)
z₁ = redondeo al número entero superior {z}
V_{res} = z₁ - z (vida residual)
i = 0.04 (tasa de interés)

3.2 Resultados obtenidos

En esta sección se presentan y discuten los resultados obtenidos.

3.2.1 Vida útil efectiva y costo

La Tabla 1 resume los principales resultados. Los tres tratamientos presentan una distribución de vida efectiva similar con un promedio de 7,6 años para los tratamientos superficiales, 8,6 años para las sobrecapas delgadas y 8,4 años para los micro-aglomerados. En cuanto a los costos, las sobrecapas delgadas presentaron un costo medio significativamente mayor, con una mayor variabilidad. Mediante la simulación realizada para la vida útil efectiva, se obtuvieron las distribuciones de probabilidad aproximadas, los resultados se ilustran en la Figura 2.

El costo obtenido presenta un promedio por kilómetro por carril de aproximadamente \$23.300 para los tratamientos superficiales, \$41.200 para los micro-aglomerados y \$134.200 para las sobrecapas delgadas. En la Figura 3 (a) se muestran los costos obtenidos de la base de datos, mientras que en la Figura 3 (b) se presentan los resultados de la simulación utilizando la distribución Weibull.

Tabla 1. Distribución de la vida útil efectiva y el costo

Tipo de tratamiento de mantenimiento preventivo	Vida útil efectiva promedio (años)	Costo promedio (US\$/km por carril)
Micro-aglomerado	8,4	41.200
Sobrecapa delgada	8,6	134.200
Tratamiento superficial	7,6	23.300

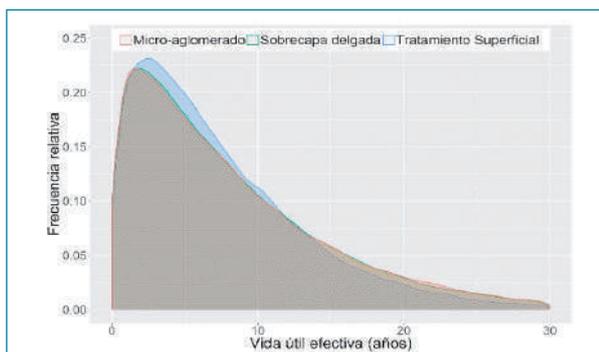


Figura 2. Vida útil efectiva de cada tratamiento, modelo Weibull

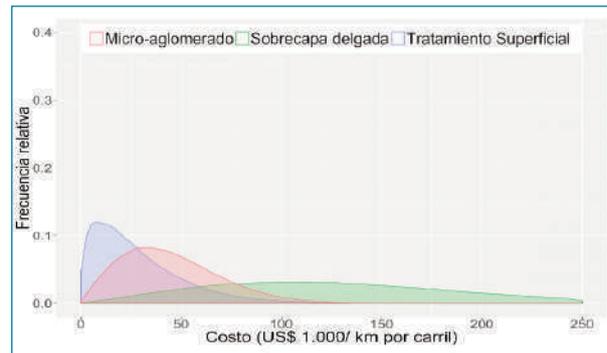
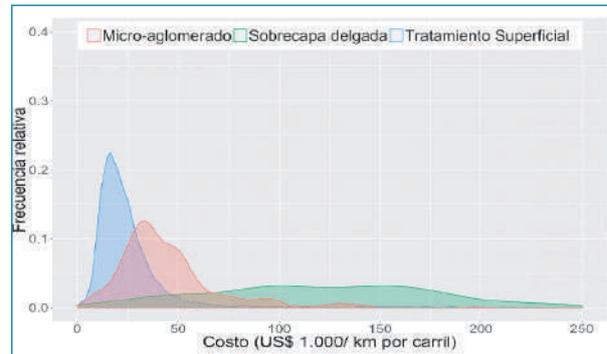


Figura 3. Costo de cada tratamiento (a) datos originales y (b) modelo Weibull

3.2.2 Costo del ciclo de vida

Los resultados obtenidos del análisis del CCV se muestran en la Figura 4. La distribución de probabilidad del VPN, que representa el CCV, muestra una marcada diferencia entre el costo de los tratamientos. Para describir los resultados de la distribución del VPN se utiliza la mediana, debido que este valor es menos susceptible a valores extremos, en comparación con el valor promedio. Los tratamientos superficiales muestran el menor costo con una mediana de \$70.300 y presentan la menor variabilidad en los resultados. Los micro-aglomerados presentan un costo dos mayor a los tratamientos superficiales con una mediana de \$159.800. Por otro lado, las sobrecapas delgadas presenta el mayor costo con una mediana aproximada de \$345.800 y una alta variabilidad. Esto representa un costo cinco veces mayor que los tratamientos superficiales y dos veces mayor que los micro-aglomerados, aproximadamente. A pesar de que los tratamientos superficiales presentan el CCV menor, generalmente la selección de los tratamientos depende de otros factores, incluyendo la ubicación geográfica, el clima, las zonas urbanas o rurales, entre otras. La ubicación en la carretera también es un factor importante, debido a que hay segmentos que son más propensos a ser sometidos a mayores

Análisis probabilístico del costo del ciclo de vida de técnicas de preservación de pavimentos

ciclos de aceleración y desaceleración, como las intersecciones y las paradas de autobuses. En estos casos las sobrecapas delgadas se desempeñan mejor que los otros tratamientos analizados. Por otro lado, los micro-aglomerados son comúnmente utilizados cuando se necesita incrementar la fricción de la carretera. Adicionalmente, otros factores como la disponibilidad del material del tratamiento y de la mano de obra también influyen en la decisión, así como los volúmenes y cargas vehiculares.

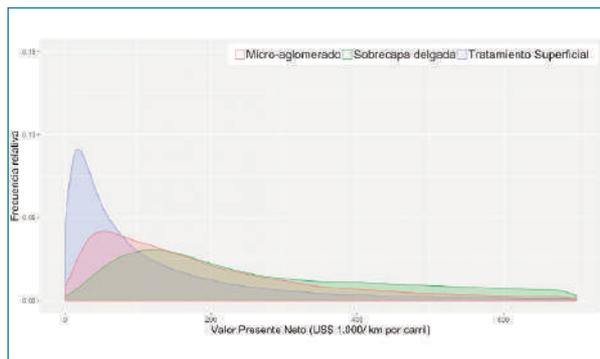


Figura 4. Costo del ciclo de vida para cada tratamiento

3.3 Probabilidades de costo de los tratamientos de mantenimiento preventivo

La probabilidad de que un tratamiento sea más caro que otro es un indicador importante que facilita la selección del tipo de tratamiento a utilizar, principalmente en caso de no tener información disponible para la toma de decisiones. La probabilidad se estimó con base en las 100.000 simulaciones realizadas utilizando el método de Monte Carlo. Los resultados, presentados en la Tabla 2, muestran que los tratamientos superficiales tienen un 67% de probabilidad de tener un CCV menor que los micro-aglomerados, y un 83% de probabilidad en comparación con las sobrecapas delgadas. Por otra parte, los micro-aglomerados presentaron un 70% de probabilidad

Tabla 2. Probabilidad del tratamiento como la opción más económicamente eficiente

Tratamiento 1	Tratamiento 2	P [Tratamiento 1 < Tratamiento 2]
Tratamiento superficial	Micro-aglomerado	67%
Tratamiento superficial	Sobrecapa delgada	83%
Micro-aglomerado	Sobrecapa delgada	70%

de ser económicamente más eficientes que las sobrecapas delgadas.

4. Conclusiones y recomendaciones

Mediante este estudio se desarrolló un marco metodológico para el análisis del CCV con el fin de evaluar los tres principales tratamientos de mantenimiento preventivo utilizado en Texas: tratamientos superficiales, micro-aglomerados y sobrecapas delgadas. Para esto se utilizó un caso de estudio basado en más de 14.000 proyectos de mantenimiento desarrollados entre 1994 y 2015. Los resultados de este estudio están basados en datos reales de proyectos ejecutados, por lo tanto, brindan una perspectiva más acertada sobre la vida útil y los costos de los tratamientos de mantenimiento preventivo, así como del costo del ciclo de vida. Si bien los valores presentados en este artículo están basados en datos de Texas, la metodología se puede aplicar en cualquier país o agencia. Entre las conclusiones más importantes se encuentran:

- La vida efectiva promedio de los diferentes tratamientos analizados es similar.
 - El costo de los tratamientos superficiales y los micro-aglomerados es significativamente menor que el costo de las sobrecapas delgadas, y presentan una menor variación.
 - En general, los tratamientos superficiales presentaron el costo de vida útil económicamente más eficiente y las sobrecapas delgadas presentaron el costo menos eficiente, con un valor cinco veces superior a los tratamientos superficiales y dos veces mayor a los micro-aglomerados, aproximadamente.
- Para futuros estudios se recomienda la inclusión de variables que podrían tener un efecto importante en el CCV de los tratamientos, y que no fueron tomadas en cuenta en este estudio. Por ejemplo, la información climática, el tipo de materiales utilizados, la condición previa del pavimento, las prácticas históricas, entre otros. Adicionalmente, se recomienda una investigación sobre el beneficio de los tratamientos superficiales en proyectos de rehabilitación donde existe daño estructural, esto debido a que los tratamientos de mantenimiento preventivo analizados en este estudio únicamente toman en cuenta daños no estructurales en el pavimento.

5. Referencias bibliográficas

[1] American Society of Civil Engineers (ASCE). (2013). Ame-

- rica's Structures Score. 2013 Infrastructure Report Card. Recuperado de: <http://www.infrastructurereportcard.org/>
- [2] Jeong, D.G.S. y S.A. Pour. (2012). Realistic Life-Cycle Cost Analysis with Typical Sequential Patterns of Pavement Treatment Through Association Analysis. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2304, Transportation Research Board, of the National Academy, Washington, D.C., pp. 12 104–111.
- [3] Gieger, D.R. (2005) Memorandum: Pavement Preservation Definitions. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration: Pavements. Recuperado de: <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/preservation/091205.cfm>
- [4] Peshkin, D. G., Hoerner T. E., y K.A. Zimmerman. (2004). NCHRP Report 523: Optimal Timing of Pavement Preventative Maintenance Treatment Applications. Transportation 25 Research Board of the National Academies, Washington, D.C.
- [5] Chang, J.R., Chen D.H. y C.T. Hung. (2008). Selecting Preventing Maintenance Treatments in Texas: Using the Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution for Specific Pavement Study 3-Sites. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1933, Transportation Research Board, of the National Academy, Washington, D.C., pp. 62–71.
- [6] The Transportation Equity Act for the 21st Century. (1998). Signed May 29, 1998.
- [7] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Asset Management. (2002). Life-Cycle Cost Analysis Primer.
- [8] Walls, J., y M.R. Smith. (1998). Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design - Interim Technical Bulletin. Publication No. FHWA-SA-98-079. FHWA, U.S. Department of Transportation, Pavement Division.
- [9] Beg M.A., Zhang Z., y W.R. Hudson. (1998). A Rational Pavement Type Selection Procedure. Report No: FHWA/TX-04/0-1734-S. Center for Transportation Research, Austin, TX. 1998.
- [10] Serigos, P., Smit, A., y J.A. Prozzi. (2017). Performance of Preventive Maintenance Treatments for Flexible Pavements in Texas. TxDOT Technical Report No: 0-6878-2. Center for Transportation Research, UT Austin.
- [11] Huang, Y.H. (2004) Pavement Analysis and Design. Pearson Education, Inc., New Jersey.
- [12] Bureau of Labor Statistics. U.S. Department of Labor. Commodity Data Database. Recuperado de: <https://www.bls.gov/data/>
- [13] Zuniga-Garcia, N., Martinez-Alonso, W., de Fortier Smit, A., Hong, F., & Prozzi, J. A. (2018). Economic Analysis of Pavement Preservation Techniques. Transportation Research Record, 0361198118768515.
- [14] Wimsatt, A., Chang, C., Krugler, P., Scullion, T., Freeman, T., y M. Valdovinos. (2005). Considerations for Rigid vs. Flexible Pavement Designs When Allowed as Alternate Bids. Technical Report No: FHWA/TX-09/0-6085-1. Texas Transportation Institute, College Station, TX.

**Séptima
Edición**
2017 • 2018

Plazo para el envío de investigaciones: 25 de septiembre

Jurado VII Edición

Presidente
Félix Edmundo Pérez Jiménez



Secretario
Jacobo Díaz Pineda



Pablo
Bueno Tomás



Óscar de Buen
Richkarday



Esteban Díez
Roux



Federico Fdez.
Alonso



Socorro Fdez.
Larrea



César Augusto
Peña Jiménez

Convooca:



con el patrocinio de:

Banco Caminos
banco privado



La colaboración institucional de:



Comunidad de Madrid

CONSEJERÍA DE TRANSPORTES,
VIVIENDA E INFRAESTRUCTURAS

y la colaboración empresarial de:



PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS.

ENTREGA 02.

Andrés Costa

Excoordinador Grupo 1 de ASEFMA

3.- MATERIALES BITUMINOSOS PARA REPARACION DE FIRMES

En función del tipo de patología que se haya producido en el firme, de su causa, de su tamaño y de su influencia en la comodidad y seguridad de los usuarios, la reparación de la misma es diferente y la técnica de pavimentación y material bituminoso a utilizar es distinta. Así mismo, en general, siempre es posible utilizar dos o más técnicas bituminosas para reparar cualquiera de las patologías que se han descrito en este documento.

En principio, para la realización de estas reparaciones, se utilizan todas las técnicas de pavimentación, las mezclas asfálticas y los tratamientos superficiales prescritos en la normativa vigente, Pliego de Prescripciones técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y las técnicas de reciclado de pavimentos recogidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4) del Ministerio de Fomento, así como cualquier otro tipo de pavimento bituminoso prescrito en alguno de los Pliegos de Prescripciones Técnicas de las Comunidades Autónomas actualmente vigentes.

También se utilizará la serie de normas UNE relativas a las mezclas bituminosas en caliente, UNE EN 13108 (familias de mezclas) y UNE EN 12697 (normas de ensayo para mezclas), y las normas UNE relativas a las lechadas bituminosas y microaglomerados en frío (actual denominación para el PG-3), UNE EN 12273 (especificaciones) y UNE EN 12274 (métodos de ensayo y criterios para el marcado CE de las mismas). Los Artículos del vigente PG-3 del Ministerio de Fomento que describen y prescriben estas técnicas son los siguientes:

- *Riegos de imprimación (Artículo 530 del PG-3).*
- *Riegos de adherencia (Artículo 531 del PG-3).*

- *Riegos de curado (Artículo 532 del PG-3).*
- *Microaglomerados en frío (antes denominado lechadas bituminosas) (Artículo 540 del PG-3).*
- *Mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso (Artículo 542 del PG-3).*
- *Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas (Artículo 543 del PG-3).*
- *Reciclado in situ con emulsión de capas bituminosas (Artículo 20 del PG-4).*
- *Reciclado in situ con cemento de capas del firme (Artículo 21 del PG-4).*
- *Reciclado en central en caliente de capas bituminosas (Artículo 22 del PG-4).*

Además de estas técnicas, prescritas en la normativa vigente, existen técnicas bituminosas no incluidas en el PG-3 y PG-4 que por sus características, prestaciones y experiencia en su utilización, se pueden y deben utilizar en la reparación de las patologías de los firmes que se han descrito en este documento. En este apartado podemos incluir las técnicas siguientes:

- *Tratamientos superficiales mediante riegos con gravillas.*
- *Sellado de grietas.*
- *Grava emulsión.*
- *Mezclas bituminosas en frío.*
- *Mezclas bituminosas fabricadas a menor temperatura con betún o con emulsión (las mezclas semicalientes con betún asfáltico ya se han recogido en los Artículos 542 y 543 del vigente PG-3).*
- *Mezclas bituminosas del tipo SMA (Norma UNE EN 13108-5).*
- *Reciclado en caliente in situ.*
- *Reciclados templados con emulsión.*

Respecto a los tratamientos superficiales mediante riegos con gravillas, las lechadas bituminosas, la grava emulsión y las mezclas en frío, es recomendable utilizar los Pliegos de Prescripciones Técnicas de estos procedimientos de pavimentación, que han sido elaborados por la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) y que están disponibles en la página Web de la Asociación (<http://www.ateb.es/>).

Para la selección de la metodología de reparación deben tenerse en cuenta criterios técnicos, criterios económicos y criterios medioambientales desde el punto de vista de la sostenibilidad. En este sentido, las técnicas que mayor incidencia tienen en este último aspecto son las siguientes:

- **EMPLEO DE MATERIAL RECICLADO PROCEDENTE DE PAVIMENTOS ENVEJECIDOS.**
- **UTILIZACION DE POLVO DE CAUCHO DE NEUMATICOS FUERA DE USO (NFU).**
- **PROCEDIMIENTOS PARA REDUCIR LA TEMPERATURA DE FABRICACION Y PUESTA EN OBRA DE LA MEZCLA BITUMINOSA.**

Por ello, en todos los casos es recomendable, siempre que técnicamente sea posible y los pliegos de prescripciones técnicas lo permitan (hay algunas prohibiciones en carreteras y en aeropuertos en función del tipo de carretera o área del aeropuerto), utilizar cualquier técnica de reciclado, en frío o en caliente, que permita el aprovechamiento del firme deteriorado y que es necesario retirar para la reparación. En algunos casos esta recomendación no es aplicable, como el caso de los pavimentos con deformaciones plásticas, cuando el problema se ha producido por una alteración de las características de la mezcla bituminosa por contaminación de la misma (combustibles), etc. En este caso no es adecuado reutilizar la mezcla fresada y retirada pues sus componentes alterados pueden empeorar las propiedades y prestaciones de la mezcla bituminosa nueva así fabricada.

Así mismo, deberán utilizarse, si es posible, cualquiera de las otras dos soluciones indicadas, como son el polvo de caucho de neumáticos fuera de uso, por cualquiera de los procedimientos existentes o la fabricación y puesta en obra de las mezclas a menor temperatura.

4.- PATOLOGIAS DE LOS FIRMES

4.1.- Definición

Se puede definir como patología de un firme a la pérdida de alguna de sus propiedades, de tipo estructural o de tipo funcional, afectando a la comodidad y seguridad de los usuarios y a las características resistentes del firme, disminuyendo la vida de servicio del mismo.

El deterioro de un firme se inicia inmediatamente después de su construcción y puesta en servicio, por la acción combinada de los factores pasivos (diseño del firme, materiales utilizados en las distintas capas y proceso de construcción del mismo) y los factores activos (acción del tráfico y condiciones climatológicas).

Las distintas capas del firme están formadas, en general, por materiales sensiblemente distintos, con comportamientos diferentes ante las sollicitaciones que soportan y de la forma en que evolucionan, influyendo en la degradación del firme.

La explanada está formada, en la mayoría de los casos, por materiales granulares que, bajo la acción de las tensiones que llegan hasta ella, pueden sufrir lentos procesos de pérdida de capacidad portante y deformaciones (manifestadas en forma de asentamientos). También puede verse afectada por cambios de humedad por agua procedente de la superficie (a través de posibles grietas) o del terreno subyacente (nivel freático alto o bien por una mala ejecución o bien por un mal mantenimiento del sistema de drenaje construido, o por ambos motivos conjuntamente).

Las deformaciones pueden ser permanentes y transmitirse a la superficie del firme haciéndole perder la regularidad superficial y dando lugar a alguna de las patologías que se describirán más adelante.

En el caso de las capas de base y de subbase, si están formadas por materiales granulares, no soportan esfuerzos horizontales y tienen limitado su capacidad de soportar esfuerzos verticales. La repetición de este tipo de cargas suele producir dos fenómenos distintos. Por un lado una cierta sobrecompactación de la capa, que puede manifestarse por una deformación permanente que, si se transmite a la capa de rodadura, modificará la regularidad superficial. Por otro lado se producen deformaciones elásticas que pueden aumentar con la repetición de cargas hasta llegar a producir la rotura por fatiga de la capa. Esto se suele manifestar por la aparición de deformaciones verticales permanentes que al transmitirse a las

capas superiores, especialmente si son de mezclas bituminosas, pueden dar lugar a la formación de deformaciones permanentes en la rodadura (perdida de regularidad superficial) o dar lugar a la formación de grietas que se van transmitiendo hasta la superficie dando lugar a algunas de las patologías que se describirán más adelante en este Coleccionable.

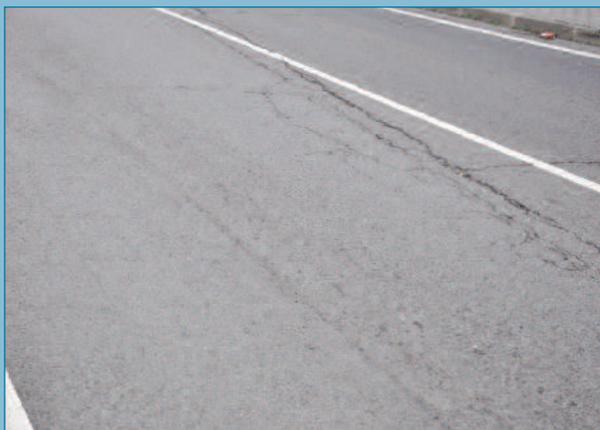


Figura 7. Aspecto de distintas patologías en una carretera.

En los firmes semirrígidos estas capas están formadas por materiales granulares conglomerados con un ligante hidráulico. Estos materiales son bastante rígidos, con módulos de elasticidad altos, que soportan bastante bien los esfuerzos verticales de compresión y tienen limitada su resistencia a tracción.

Estas capas se suelen agrietar por dos tipos de procesos diferentes: por un lado los movimientos de retracción-dilatación debidos a fraguados y cambios térmicos, que se suelen transmitir a las capas superiores e incluso hasta el pavimento (dando lugar a uno de los tipos de grietas que se han incluido entre las patologías definidas más adelante), y por otro lado cuando el material se agota por fatiga, al superar los esfuerzos de tracción el valor máximo de resistencia del material

tratado a este tipo de esfuerzos. Las grietas en este tipo de firmes se caracteriza por aparecer en sentido longitudinal y las transversales aparecen separadas una distancia más o menos igual entre ellas.



Figura 8. Grietas reflejadas de las existentes por retracción en las capas inferiores del firme.

Por último, están las capas formadas por mezclas bituminosas, que aparecen, generalmente, desde la capa de base hasta las capas intermedia y de rodadura. Las mezclas bituminosas tienen un comportamiento viscoelástico de manera variable según la temperatura y el tiempo de aplicación de la carga, siendo más elásticas cuando es alta y más rígidas cuando la temperatura es baja. En estas capas tienen mucha influencia los factores que intervienen en la degradación de la carretera y que se han clasificado como factores pasivos (diseño del firme, materiales utilizados en estas capas y proceso de fabricación y puesta en obra de las mezclas) y factores activos (acción del tráfico y de la climatología).

Cada aplicación de carga produce una deformación vertical y otra horizontal. Parte de estas deformaciones son elásticas y se recuperan al desaparecer la carga aplicada, otra parte produce deformaciones plásticas que se acumulan y pueden llegar a producir deformaciones permanentes que modifican las características del firme construido. La rotura por fatiga se produce cuando la acumulación de daños sucesivos generados por la deformación tangencial que en la cara inferior de la capa de mezcla bituminosa produce cada ciclo de carga debido al paso del tráfico, supera un cierto valor característico de la mezcla bituminosa fabricada.

Las condiciones climatológicas (agua de lluvia y cambios de temperatura) afectan a las mezclas produciendo su envejecimiento y rigidización, pudiendo producirse un agrieta-

miento superficial de las mezclas por retracción y por los esfuerzos de tracción superficiales producidos por las cargas del tráfico.

4.2. Clasificación

Existen diversos criterios sobre la clasificación de las patologías de los firmes. Una primera opción es clasificarlas por el origen de la causa que la produce.

Según este criterio se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

- **PATOLOGIAS POR FIRMES INADECUADAMENTE DISEÑADOS** (en espesores o en materiales).
- **PATOLOGIAS POR FIRMES INADECUADAMENTE CONSTRUIDOS** (fallos en el proceso constructivo de todas o de alguna de sus capas).
- **PATOLOGIAS POR DEFECTOS APARECIDOS EN OTROS COMPONENTES DE LA CARRETERA DIFERENTES AL FIRME** (drenaje, terraplenes, etc.).
- **PATOLOGIAS POR FATIGA DE TODAS O DE ALGUNA DE LAS CAPAS DEL FIRME.**

En los cuatro casos, las condiciones climatológicas intervinen favoreciendo, en general, la formación y desarrollo de la patología.

Otro posible criterio de clasificación puede ser por la forma en que se manifiesta la patología. En este sentido, se pueden clasificar también en tres grandes grupos y en cada uno de ellos están las patologías siguientes:

4.2.1.- FISURACIÓN Y AGRIETAMIENTO

Aunque el concepto de fisura y el de grieta son prácticamente iguales, en los firmes de carreteras se suelen diferenciar por el tamaño, asociando a fisura las grietas de pequeña longitud y anchura. Se pueden distinguir los tipos siguientes:

- **Fisuras y grietas estructurales.**
- **Fisuras y grietas reflejadas.**
- **Fisuras y grietas generalizadas sin deformación de la rodadura.**
- **Fisuras y grietas constructivas.**
- **Fisuras y grietas parabólicas.**

4.2.2.- DEFORMACION PERMANENTE

Existen diversas causas, que se describirán al analizar las patologías correspondientes, que se manifiestan mediante la formación de deformaciones permanentes del firme que modifican la regularidad superficial influyendo, por tanto, en la comodidad y seguridad de los usuarios.

- **Roderos.**
- **Hundimiento.**
- **Blandón.**
- **Ondulaciones.**
- **Escalones.**
- **Surgencias (agua y finos).**
- **Pérdida del IRI inicial.**

4.2.3.- DEGRADACION Y DESINTEGRACION SUPERFICIAL

En este grupo se clasifican las patologías que afectan a las características superficiales del firme y que, en general, afectan de manera importante a la seguridad vial. Las patologías más representativas, de este tipo, son las siguientes:

- **Charcos en pavimentos drenantes.**
- **Pavimentos deslizantes.**
- **Arcén en mal estado.**
- **Descarnaduras.**
- **Peladuras.**
- **Exudaciones.**
- **Baches.**
- **Surgencias (finos, agua o ligante).**
- **Pérdida del IRI inicial.**
- **Patologías por vertidos superficiales.**

4.3. Influencia general en la seguridad vial

La seguridad vial depende de numerosos factores (vehículo, conductor, carretera) y entre ellos y dentro del apartado de la carretera, se puede incluir el estado de la misma.

Cuando se construye una carretera nueva o se acondiciona una ya existente, por sus características geométricas y estado del firme, presenta en teoría las condiciones óptimas para que no se produzcan accidentes, al menos por lo que es

responsabilidad de la carretera.

La acción del tráfico y la climatología y los posibles errores cometidos en el diseño de los materiales y en la fabricación y puesta en obra de los mismos modifica las propiedades estructurales y funcionales del firme construido. Estas modificaciones se suelen manifestar mediante alguna de las patologías que se describen en este Coleccionable y se pierden las características óptimas iniciales que tenía la carretera.

En este sentido son especialmente perjudiciales para la seguridad vial aquellas patologías que se manifiestan alterando las propiedades funcionales del firme construido (resistencia al deslizamiento, textura y regularidad superficial). En general todas las patologías, como suponen una modificación de las propiedades iniciales del firme, influyen negativamente en la seguridad vial. Entre las patologías que mayor influencia negativa tienen en la seguridad vial podemos incluir las siguientes:

- **Roderas:** pérdida de la regularidad superficial y, en presencia de agua por lluvia, se pueden formar charcos con alto riesgo de hidroplaneo.
- **Hundimiento:** en función de la velocidad, posible pérdida del control del vehículo.
- **Blandón:** deformación del firme con pérdida puntual de la regularidad superficial.
- **Ondulaciones:** pérdida de la regularidad superficial con afección al vehículo y al conductor.
- **Charcos en pavimentos drenantes:** pérdida de la adherencia del neumático con el pavimento y posible hidroplaneo, con pérdida del control del vehículo.
- **Pavimentos deslizantes:** facilita la pérdida del control del vehículo y el consiguiente accidente. Tiene especial importancia en las pistas de los aeropuertos por la velocidad de la aeronave en el momento de la toma de tierra y las consecuencias de una salida de pista de la misma.
- **Exudaciones:** generalmente supone una pérdida de la textura superficial y aumenta sensiblemente el riesgo de deslizamiento del vehículo y pérdida del control del mismo.
- **Baches:** en función de su tamaño pueden suponer un riesgo importante para la seguridad del vehículo y sus ocupantes. Si la rueda entra en el bache y es profundo, puede romperse con la consiguiente pérdida del

control del vehículo. Si el conductor tratar de evitar el bache, puede realizar una maniobra peligrosa para su vehículo o para los otros que circulan en su proximidad.

- **Surgencias (finos, agua o ligante):** se manifiestan por un cambio de las características superficiales del pavimento, con pérdida de la textura y de la resistencia al deslizamiento.
- **Pérdida del IRI inicial:** una mala regularidad superficial afecta al vehículo al firme de la carretera y a la comodidad y por tanto a la seguridad del usuario.
- **Patologías por vertidos superficiales:** alteran las características superficiales del pavimento con pérdida de la textura y de la resistencia al deslizamiento, su gravedad es tanto mayor cuanto mayor sea la zona afectada.

Está claro que todas las medidas que se adopten para prevenir la aparición de patologías en un firme además de la mejora económica que supone, que se analizará en un apartado más adelante de este Coleccionable, influyen de manera muy positiva en la seguridad vial de la carretera o superficie pavimentada.

5.- PATOLOGIAS. DESCRIPCION DETALLADA DE CADA PATOLOGIA.

5.1.- Patologías de roderas

5.1.1.- DESCRIPCION DE LA PATOLOGIA

Las roderas se pueden describir como deformaciones plásticas, en la capa de rodadura, que constituyen depresio-

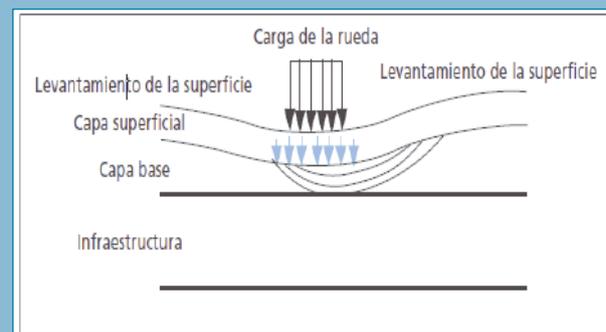


Figura 9. Mecanismo de formación de roderas en un pavimento bituminoso.

nes longitudinales del firme de considerable extensión originadas por el paso de los vehículos en el sentido de circulación. La deformación permanente que se genera a corto y largo plazo se manifiesta, también, por una fluencia lateral del material bituminoso.

5.1.2.- CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

En general las roderas se producen a consecuencia de factores como son densidad del tráfico y altas temperaturas, combinados con un diseño deficiente de la mezcla bituminosa empleada. Las causas de las deformaciones plásticas que pueden dar lugar a la formación de roderas son las siguientes:

- Inadecuado contenido de huecos ya sea por defecto (menos del 3%) o por exceso (mayor del 8%).



Figura 10. Roderas con deformación plástica de la mezcla bituminosa.

- Deficiencias en el diseño de la mezcla.
 - Empleo de un ligante no adecuado a las solicitaciones del tráfico
 - Contenido de arena natural
 - Existencia de partículas minerales redondeadas
 - Bajo contenido de filler
- Posible contaminación de la mezcla con combustibles en zonas de tráfico muy canalizado (carril bus).



Figura 11. Deformación por vertido de combustibles que altera sensiblemente la mezcla bituminosa.

- Insuficiente estabilidad del material todavía caliente cuando se ha permitido el paso anticipado del tráfico.
- Excesiva consolidación bajo tráfico de las capas del firme.
- Tiempo de aplicación de la carga más prologado que el previsto. Las mezclas bituminosas tienen respuestas más elásticas a las cargas de corta duración y menos elásticas a las cargas lentas. Por ésta razón, las deformaciones plásticas se presentan sobre todo en las rampas y en otras zonas de tráfico lento.

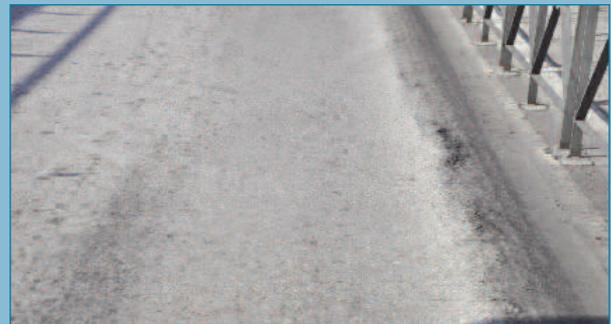


Figura 12. Deformación por cargas elevadas aplicadas lentamente sobre el firme.

- Insuficiente dureza del árido que provoca fenómenos de atrición y formación de finos con la consiguiente disminución del contenido de huecos.
- Capa de excesivo espesor en función del tamaño máximo del árido.

Atendiendo a todas estas posibles causas que pueden generar la aparición de roderas, se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Roderas con desplazamiento plástico, formadas por una depresión cerca del centro de la carga aplicada y con elevaciones a cada lado de la depresión. Este tipo de rodera está causado generalmente por insuficientes huecos en la mezcla (menos del 3%) o por la utilización de un ligante inadecuado o por contaminación de la mezcla con combustibles en carriles de tráfico canalizado (BUS). En este caso, una sobrecompactación ocasiona que el ligante rellene los huecos entre las partículas.
- Roderas por consolidación. Son unas depresiones cerca del centro de la carga aplicada sin el acompañamiento de las elevaciones laterales. Estas roderas se producen generalmente por un exceso de huecos con falta de estabilidad de la mezcla.
- Roderas por deformación mecánica. Es el resultado de

un asentamiento de las capas inferiores que puede acompañarse de grietas en las capas de pavimento. Este fallo ocurre cuando la estructura del pavimento no está bien proyectada o construida. Patología similar a la denominada “Piel de Cocodrilo”.



Figura 13. Rodera formada por asentamiento de las capas granulares inferiores del firme.

5.1.3.- INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN USUARIO

La aparición de las roderas en un firme presenta incidencias en la propia vía de circulación que repercuten en la seguridad y confort del usuario de la carretera.

La afección sobre la vía se traduce en deformaciones que provocan situaciones entre las que se pueden citar:

- Superficies irregulares que a medida que transcurre el tiempo provoca una deformación total de la superficie de la calzada dificultando el uso de la vía.



Figura 14. Evolución de una zona de rodera con el paso del tiempo y del tráfico.

- En épocas de lluvia la irregularidad en la superficie que provoca la rodera origina la acumulación de agua dando lugar a la posible existencia de hidropneumático que, en condiciones de bajas temperaturas, puede dar lugar a la formación de placas de hielo.

En cuanto al efecto que esta patología puede repercutir

en el usuario se relacionan con las incidencias generadas en la propia vía y que influyen en la seguridad y confort del usuario:

- La irregularidad de la superficie provoca que en la conducción, sobre todo a altas velocidades, origine una pérdida de adherencia entre el pavimento y el neumático ocasionando la posible salida de la vía.
- También, en el caso de la acumulación de agua, el hidropneumático provoca la disminución del contacto con la superficie provocando la salida del vehículo de la vía.
- Además las irregularidades de la superficie muestra una conducción incómoda para el usuario tanto por los balanceos como por el ruido generado por la diferencia de nivel.

5.1.4.- REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

Detectada la rodera, una de las actuaciones a realizar para su reparación es la evaluación de la patología y para ello, las actividades a realizar serían las siguientes:

- Comprobación visual de la extensión de la rodera.
- Comprobar las condiciones de tráfico y de temperatura de la zona de manera que se pueda evaluar si las causas de la deformación están relacionadas por alguno de estos dos factores.
- Extracción de testigos tanto de la zona de la rodera como de la zona donde no existe deformación para comprobar hasta dónde llega el efecto de la patología, ya sea sólo en la capa de rodadura o se extiende a capas inferiores.
- Sobre los testigos se determinarán características como densidad y contenido de huecos, para poder conocer el grado de compactación, así como también la granulometría, para poder determinar el contenido de finos que forman parte de la composición de la mezcla y también se comprueba las características de los áridos. Por otro lado se determinará el contenido de ligante, así como sus propiedades tras su extracción y caracterización.

Con la extracción de probetas paralelepípedicas se podrá determinar la medida de deformación permanente a través del ensayo de pista.

Métodos de medida

La forma más habitual para la evaluación de la patología consiste en la comprobación de la profundidad de la rodera, medida realizada con una regla colocada transversalmente tomando datos cada 100 m ó más.

Existe otro método de medida más sofisticado que realiza las medidas con una mayor precisión y que se conoce con el nombre de **Road Surface Tester (RST)**.

Se trata de un equipo de auscultación de firmes de gran rendimiento mediante tecnología láser con una frecuencia de muestreo del perfil longitudinal cada 10 cm. Durante la medida se hace una corrección eliminando automáticamente la influencia de la textura, baches y fisuras detectando la profundidad de las roderas en todo el ancho de la calzada. Se consiguen valores de la media y de la desviación estándar del perfil transversal.

La versatilidad del sistema permite ensayar en cualquier condición de tráfico, desde muy congestionado (a baja velocidad) a tráfico rápido (hasta 90 km/h) sin que la medida resulte afectada.

Los datos obtenidos se procesan mediante convertidores analógicos digitales y tarjetas especiales (SPC) constituidas por circuitos integrados que realizan los cálculos en tiempo real.

La reparación de una superficie con una patología de roderas puede tener diferente solución en función de la extensión de la deformación detectada así como si la actuación a realizar es provisional o definitiva.

Actuación provisional

Esta reparación se realizaría sobre una rodera de poca extensión, en zonas localizadas y con una deformación poco pronunciada.

La actuación consistirá en el levantamiento de la zona afectada, procediendo a continuación a la aplicación de un riego de adherencia seguido de un microaglomerado en frío o una mezcla bituminosa en caliente de pequeño espesor.

Si la patología se ha producido por deformación plástica, se deberá eliminar el total del espesor de la mezcla afectada.

Actuación definitiva

Esta reparación se realizaría sobre una rodera de gran extensión y con una deformación pronunciada, llegando incluso a afectar a las capas inferiores a la de rodadura, tras ser evaluado en los estudios realizados sobre testigos extraídos de la zona.

La actuación consistirá en un levantamiento de toda la capa de rodadura mediante fresado realizando posteriormente el extendido de una mezcla bituminosa en caliente, en tantas capas como sean necesarias, en función de la cantidad de material retirado hasta completar el espesor del firme inicial.

El tipo de mezcla bituminosa estará diseñada en función del tipo de tráfico, y temperaturas de la zona teniendo en cuenta tanto el porcentaje de ligante a emplear así como el tipo sea más adecuado (convencional o modificado). Además en el caso que sea posible se podrá reutilizar el material reciclado extraído tras un estudio minucioso de las características del mismo.

Según la causa de la deformación, el material bituminoso fresado podría ser utilizado en la fabricación de nuevas mezclas bituminosas. Se deberá realizar un estudio minucioso de la calidad y características del material fresado antes de su reutilización.

5.1.5.- ACTUACIONES PREVENTIVAS

Para que sobre un pavimento no se produzca la aparición de roderas es conveniente tener en cuenta una serie de acciones preventivas que con su aplicación evitaría la aparición de esta patología. Estas acciones preventivas son entre otras las siguientes:

Diseño de la mezcla

- Realizar un estudio de la zona de extendido de la mezcla bituminosa evaluando tipo y categoría de tráfico y condiciones meteorológicas de la zona
- Diseñar el tipo de mezcla bituminosa adecuada a las sollicitaciones del firme tanto para la capa de rodadura como para la capa inferior, en cuanto a características de los materiales así como a sus proporciones.

Materiales

- Empleo de materiales de calidad como son áridos con dureza elevada procedentes de la trituración, evitando los áridos con caras redondeadas. Para el caso de los ligantes convencionales se utilizarán aquellos que sean adecuados a la zona térmica, así como el empleo de betunes modificados en los casos en que por motivos del tipo de tráfico así se requiera.

- Empleo de filleres de calidad

Extendido y puesta en obra

- Compactación adecuada hasta conseguir la densidad de proyecto determinada en la fórmula de trabajo evitando tanto una compactación deficiente, que provocaría un contenido de huecos por encima de lo definido en la fórmula de trabajo, como una sobrecompactación disminuyendo el porcentaje de huecos.

Divergencias en la determinación de huecos en mezcla. Densidad máxima volumétrica vs. densidad máxima teórica

Pablo Álvarez Troncoso, palvarez@becsa.es

Aida Marzá Beltran, amarza@becsa.es

Carlos Quintana Gálvez, cquintana@becsa.es

Manuel Montolio Sanfelio, mmontolio@becsa.es

BECSA

Desde la entrada en vigor del marcado CE de mezclas bituminosas y la consecuente adaptación del Pliego de Prescripciones PG-3, el control de los parámetros volumétricos fundamentales de la mezcla, y más concretamente su contenido en huecos, ha adquirido aún más protagonismo como ensayo de referencia para comprobar la correcta correspondencia entre diseño y fabricación en planta de mezclas, manteniendo de igual forma un exhaustivo control sobre las variables de composición y dejando de lado los ensayos mecánicos rutinarios tipo Marshall.

Con la armonización de las normas de ensayo a nivel europeo se introdujo una variación significativa en el procedimiento de determinación del contenido de huecos en mezcla, sustituyendo el valor de referencia de densidad máxima teórica por el de densidad máxima volumétrica.

De forma paralela, las prescripciones técnicas de huecos en mezcla, sobre todo en el caso de las capas de rodadura, han sufrido poca o ninguna variación con la evolución del pliego PG-3, lo que apunta a que, necesariamente, los datos obtenidos por uno u otro método debieran ser convergentes.

El presente artículo expone los resultados obtenidos a raíz de la investigación realizada por el laboratorio de asfaltos de BECSA sobre dicha convergencia y sus variables. Como resultado de la citada investigación se han puesto de manifiesto diferencias significativas entre ambos métodos que podrían sugerir una revisión de los valores límites actuales del pliego PG-3. Del mismo modo, tras el análisis llevado a cabo, parece necesario consensuar un procedimiento dentro del marco normativo de la UNE EN 12697-5:2010 para minimizar horquillas de reproducibilidad.

Palabras Clave: mezclas bituminosas, contenido en huecos, densidad máxima teórica, densidad máxima volumétrica.

Since the entry into force of the CE marking of bituminous mixtures and the consequent adaptation of PG-3, the control of the fundamental volumetric parameters of asphalt mixes, and more specifically its air voids content, has acquired even more prominence as a test of reference to verify the correct correspondence between laboratory design and manufacturing in the asphalt plant, maintaining in the same way an exhaustive control over composition and leaving aside the routine mechanical Marshall type tests.

With the harmonization of the standard tests at European level, a significant variation was introduced in the procedure for determining air voids parameter, replacing the reference value of theoretical maximum density with that of maximum volumetric density.

In parallel, the technical requirements, especially in the case of top layers in relation to mix voids content, have not suffered significant variation, which suggests that, necessarily, the data obtained by both methods should be convergent.

This article presents the conclusions derived from the research carried out by BECSA's asphalt laboratory regarding to this convergence and its variables. As a result of aforementioned investigation, significant

Divergencias en la determinación de huecos en mezcla. Densidad máxima volumétrica vs. densidad máxima teórica

differences have been revealed between both methods that could suggest a revision of current limit values of PG-3. Similarly, after these results, it seems necessary to agree on a common procedure within the regulatory framework of UNE EN 12697-5:2010 to minimize reproducibility values.

Keywords: bituminous mixtures, voids content, theoretical maximum density, volumetric maximum density.

1. Introducción

El objetivo principal en la fase de diseño de una mezcla asfáltica es optimizar sus características funcionales a la vez que se dota al futuro pavimento de la mayor durabilidad posible. Los parámetros volumétricos internos juegan un papel sustancial y por ello existen prescripciones en el marco normativo vigente que limitan en la mayoría de los casos unos valores máximos y mínimos para cada tipo de mezcla. De igual modo cada característica físico-mecánica medible está asociada a un valor de densidad y éste a su vez, a unos valores determinados de contenido de huecos en aire (V_m), huecos del árido mineral (VMA) y huecos rellenos con ligante (VFB) dentro de la mezcla bituminosa.

La adopción de las normas europeas armonizadas de ensayo (serie 12697) con la entrada en vigor del marcado CE, introdujo una novedad esencial en la determinación de los parámetros antes mencionados con respecto al método de cálculo utilizado tradicionalmente en nuestro país; la densidad máxima volumétrica sustituía a la densidad máxima teórica. Numerosos fabricantes de mezcla asfáltica estiman que la influencia de este cambio de procedimiento, no está suficientemente ponderada en la actualidad, de tal modo que se obtienen resultados significativamente diferentes al utilizar ambos métodos cuando en realidad, tratan de determinar la misma realidad física. Asimismo los pliegos de prescripciones han permanecido con poca o ninguna variación sobre todo en lo referente al porcentaje de huecos en las capas de rodadura, por lo que es de vital importancia conocer el trasfondo de estas diferencias, acotarlas en la medida de lo posible y ponderarlas convenientemente.

2. Evolución en el cálculo de contenido en huecos. Densidad Máxima de Volumen y densidad máxima teórica (matemática)

A raíz del cambio de marco normativo de 2008 se introdu-

ieron variaciones significativas en el procedimiento para fijar la densidad máxima de referencia que puede alcanzar la mezcla asfáltica. Hasta el mencionado cambio, esta densidad máxima se calculaba de forma matemática según NLT-168 (apdo.5.3)[1]; tras éste, se establece un procedimiento de ensayo volumétrico específico (procedimiento A) dentro de la UNE EN 12697-5 [2]. Esta última norma contempla la posibilidad de realizar igualmente el cálculo de forma teórica (procedimiento C), aunque el anexo B de la norma UNE EN 13108-20 [3], al que se refiere el pliego PG-3 [4], fija el uso del valor experimental.

2.1 Densidad máxima teórica. NLT-168 y UNE 12697-5 procedimiento C

Como se ha mencionado anteriormente los métodos teóricos de cálculo de densidad máxima han sido referencia durante años en nuestro país como base para la determinación del contenido de huecos de mezcla bituminosa. Tanto la norma NLT-168 como el procedimiento C de la norma 12697-5, calculan dicha densidad máxima mediante la expresión:

$$\rho_{mc} = \frac{100}{(p_a/\rho_a) + (p_b/\rho_b)}$$

donde

ρ_{mc} es la densidad máxima de la mezcla mediante cálculo en kg/m^3

p_a es el porcentaje de árido en masa existente en la mezcla

ρ_a es la densidad aparente del árido en kg/m^3

p_b es el porcentaje de ligante existente en la mezcla

ρ_b es la densidad del ligante a 25°C en kg/m^3

De una forma práctica, se determina la densidad aparente del conjunto de áridos (NLT-167 [5] ó UNE EN 1097-6 [6]), la densidad del ligante (UNE EN ISO 3838 [7]) y el contenido de

betún en la mezcla, y con estos datos se obtiene mediante cálculo el valor de la densidad máxima de referencia.

2.2 Densidad máxima volumétrica. UNE EN 12697-5 Procedimiento A

A diferencia del procedimiento anterior, la densidad máxima volumétrica se calcula a partir de un ensayo sobre la propia mezcla bituminosa. Su fundamento físico reside en calcular el volumen de la mezcla cuando se ha extraído de una muestra de ensayo todo el aire interior mediante un proceso de desgranamiento y exposición a condiciones de vacío. Para ello, la muestra se introduce en un picnómetro adecuado una masa de material acorde con el tamaño máximo del árido y en cantidad tal que no supere los 2/3 del volumen del mismo. Se cubre de agua (sin aire disuelto) y el conjunto se introduce en un contenedor de vacío para someterlo a una presión residual de 4kPa o menor durante 15 ± 1 minutos. Tras esta operación se llena el picnómetro hasta casi su aforamiento y el conjunto se aclimata durante al menos 30 minutos pero menos de 3 horas para que la temperatura sea homogénea. Se enrasa el picnómetro, se seca y se pesa el conjunto. La densidad máxima se calcula como:

$$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{1000 * V_p - (m_3 - m_2) / \rho_w}$$

donde

ρ_{mv} es la densidad máxima por el método volumétrico en kg/m^3
 m_1 es la masa del picnómetro en g
 m_2 es la masa del picnómetro más la masa de la muestra de ensayo en g
 m_3 es la masa del picnómetro más la muestra de ensayo mas agua enrasado en g
 V_p es el volumen del picnómetro enrasado en m^3
 ρ_w es la densidad del agua a la temperatura de ensayo en kg/m^3

El procedimiento debe realizarse con agua según se indica en el anexo B de la norma UNE EN 13108-20.



Figura 1. Equipo para la determinación de la densidad máxima por el método volumétrico

3. Problemas durante el control de obra. Divergencias de resultado

3.1 Problemas en control de obra

Derivado de la experiencia de fabricación y puesta en obra de mezclas se observa que con la aplicación del cálculo de densidad máxima volumétrica para la determinación de los parámetros de huecos, se obtienen sistemáticamente valores menores para las mezclas que se fabrican habitualmente, de las cuales existen históricos de registros de control de producción a partir de datos procedentes del método matemático.

En la siguiente tabla se expresan valores reales de huecos en aire provenientes del control de producción en obra, detallando los parámetros obtenidos mediante la determinación, por ambos métodos, del contenido de huecos de la mezcla. La última columna indica la variación en valor absoluto que sufre el contenido en huecos en uno y otro caso ($D_{max.v}$ representa densidad máxima volumétrica y $D_{max.t}$ representa densidad máxima teórica). La densidad de referencia es la media de tres valores obtenidos para las probetas de control. Los datos de densidad máxima teórica se han calculado a partir de la densidad relativa del conjunto de áridos (NLT-167) y de un valor de referencia de densidad de betún de 1035 kg/m^3 .

Divergencias en la determinación de huecos en mezcla. Densidad máxima volumétrica vs. densidad máxima teórica

Tabla 1. Cuadro comparativo resultados control de obra

Fecha extendido	Tipo de mezcla	Densid. referencia (Kg/m ³)	Dmax.v (Kg/m ³)	Dmax.t (Kg/m ³)	% Huecos Dmáx.v	% Huecos Dmax.t	Diferencial % huecos
20/06/2017	AC 22 BIN S	2419	2550	2570	5.1	5.9	0.7
20/06/2017	AC 22 BIN S	2422	2554	2572	5.2	5.8	0.7
21/06/2017	AC 22 BIN S	2423	2555	2574	5.2	5.9	0.7
21/06/2017	AC 22 BIN S	2420	2553	2576	5.2	6.1	0.8
22/06/2017	AC 22 BIN S	2431	2556	2570	4.9	5.4	0.5
22/06/2017	AC 22 BIN S	2425	2554	2571	5.1	5.7	0.6
23/06/2017	AC 22 BIN S	2420	2555	2571	5.3	5.9	0.6
23/06/2017	AC 22 BIN S	2423	2552	2573	5.1	5.8	0.8

Cabe mencionar que el intervalo exigido en pliego para esta mezcla es de un contenido en huecos entre 4-6%. Como se puede observar los datos obtenidos por uno u otro método arrojan diferencias significativas. Es decir, según tomemos uno u otro dato, el valor de huecos se sitúa en medio del intervalo exigido o bien se encuentra en el límite del mismo, lo que podría llevar a plantear incluso una reformulación.

Se observó que este problema se reproducía de forma general en diferentes actuaciones y que el rango de divergencia variaba en función del tipo de mezcla. Lo primero que se podría plantear, a la vista de lo expuesto, es que los datos son divergentes por una ejecución deficiente del ensayo de densidad máxima volumétrica, debido a la corta experiencia en nuestro país en lo referente al correcto desempeño de este procedimiento, que actualmente es el de referencia.

3.2 Validación externa de la divergencia de resultados

A finales de 2017, en el desarrollo de las obras en la N-232 entre Ráfales y el límite de provincia con Castellón, del Ministerio de Fomento, se diseñaron las primeras mezclas a ejecutar en los desvíos provisionales de la mencionada actuación, en coordinación permanente con el Laboratorio de la Unidad de Carreteras del Estado en Teruel. Durante el mencionado diseño, que se enmarcó en todo momento bajo la normativa vigente, se constató que la mezcla de rodadura presentaba un contenido en huecos menor al requerido (<4%) aún cuando el contenido en betún se encontraba en el mínimo exigible para esa capa (4.5% s/m). La solución parecía pasar por un cambio de esqueleto granulométrico que permitiera un mayor porcentaje de huecos. No obstante, parecía una ocasión inmejorable para

comprobar la experiencia expuesta en 3.1.

Así, se realizaron una serie de ensayos por parte de ambos laboratorios para poder determinar si las diferencias entre ambos métodos de cálculo, seguían las tendencias anteriormente citadas.

Los datos obtenidos estaban en consonancia con las diferencias encontradas con anterioridad y planteaban la cuestión sobre la causa de dicha divergencia y cuál de los dos parámetros debe ser el más cercano a la realidad de la mezcla. La normativa actual es clara a este respecto; el método vigente de ensayo debe ser el procedimiento A de la UNE EN 12697-5 de densidad máxima volumétrica. Estos datos parecen plantear una divergencia clara, mientras que en contraposición, las prescripciones han permanecido prácticamente invariables.

3.3 Estudio de las variables del ensayo de densidad máxima volumétrica. Causas de la divergencia.

Una vez comprobados y analizados los datos obtenidos, surge la necesidad de conocer el origen de las desviaciones encontradas con el objeto de acotar sus causas, y de manera más precisa, fijar aquellas variables dentro del procedimiento de forma que se unifiquen criterios a la hora de la ejecución del ensayo para asegurar su repetibilidad y reproducibilidad. Todo ello condujo al inicio de una investigación sobre los puntos críticos del ensayo y el estudio de su variabilidad.

Como puede deducirse de la breve descripción de los procedimientos realizada en el apartado 2, la determinación volumétrica contiene varias etapas y puntos críticos, concretados en la norma, que requieren especial atención. Este ensayo presenta unos valores de límite de repetibilidad entorno a 11

kg/m³ [2]. Si tradujéramos estos datos al cálculo de contenido en huecos de una mezcla, suponiendo unas densidades aparente y máxima estándar (2400 kg/m³ y 2520/2531 kg/m³, por ejemplo), podríamos obtener datos de entre un 4.8% y un 5.2% de huecos trabajando bajo condiciones de repetibilidad. En el caso de la reproducibilidad, el límite se sitúa en 22 kg/m³ [2], por lo que 2 laboratorios trabajando en condiciones normalizadas podrían obtener datos con las cifras anteriores (2400 kg/m³ y 2520/2542 kg/m³, por ejemplo) de 4.8% y 5.6 % para el contenido en huecos sin que necesariamente ninguno de ellos hubiera incurrido en mala praxis. Parece razonable, por tanto, analizar las fuentes de divergencia dentro del propio método.

- 1) La mezcla debe desgranarse hasta que no existan aglomeraciones de más de 6 mm
- 2) El uso de dispersante ayuda en la extracción del aire en el caso del agua y que la vibración facilita la evacuación del aire de los huecos accesibles.
- 3) El vacío debe aplicarse con una presión residual de 4kPa o menor durante 15±1 minutos. No obstante sugiere que algunas mezclas pueden necesitar un mayor tiempo de aplicación.
- 4) La norma indica un tiempo de entre 30 y 180 minutos.

Como primera hipótesis y derivada de la observación durante la ejecución del ensayo en estudio, era evidente que la principal diferencia entre los valores del método matemático y

Tabla 2. Cuadro de datos de obra con lo que se inició el estudio

Fecha extendido	Tipo de mezcla	Laboratorio de ensayo	Densidad referencia (Kg/m ³)	% huecos D _{máx v}	% Huecos D _{max t}	Diferencial % huecos
02/08/2017	AC 22 SURF S	M. Fomento	2388	4.1	5.0	0.9
02/08/2017	AC 22 SURF S	BECSA	2402	3.6	4.8	1.2
05/09/2017	AC 22 SURF S	M. Fomento	2395	4.1	4.5	0.4
06/09/2017	AC 22 SURF S	M. Fomento	2411	3.4	3.8	0.4
07/09/2017	AC 22 SURF S	M. Fomento	2391	4.2	4.6	0.4
05/09/2017	AC 22 SURF S	BECSA	2392	4.3	5.0	0.7
06/09/2017	AC 22 SURF S	BECSA	2404	3.8	4.3	0.5
07/09/2017	AC 22 SURF S	BECSA	2397	4.1	4.7	0.6
02/10/2017	AC 22 BIN S	M. Fomento	2409	5.4	6.2	0.8
02/10/2017	AC 22 BIN S	BECSA	2405	5.5	6.1	0.6
21/11/2017	AC 22 BIN S	M. Fomento	2394	6.2	7.2	1.0
21/11/2017	AC 22 BIN S	BECSA	2393	6.2	7.1	0.9

Las etapas y puntos críticos considerados pueden resumirse así:

- 1) Desgranado de la mezcla de forma efectiva.
- 2) Uso de agente dispersante y/o vibración para ayudar a la extracción de aire
- 3) Tiempo y presión residual para conseguir la extracción máxima de aire
- 4) Tiempo final para la homogenización de la temperatura antes de la determinación de m³

Con respecto a estas etapas la norma indica en cada caso que:

el experimental debía residir en la dificultad que representa extraer el aire de la masa disgregada de mezcla bituminosa con la aplicación de las condiciones que marca el procedimiento. Los datos encontrados así parecían indicarlo, ya que una menor extracción de aire conllevaría una sobreestimación de volumen y por tanto una subestimación de densidad máxima y, como consecuencia, menor porcentaje de huecos. En la variante matemática se utiliza el dato de densidad aparente de áridos, que procede de un procedimiento similar, pero en este caso no es necesaria la aplicación de vacío (opcional) para la obtención del resultado final.

Se diseñaron una serie de experimentos destinados a conocer

Divergencias en la determinación de huecos en mezcla. Densidad máxima volumétrica vs. densidad máxima teórica

la variabilidad del parámetro dentro de las condiciones normativas. Así se determinaron densidades máximas de mezclas con variación de masa de muestra (entre el mínimo y un volumen que no supere 2/3 del picnómetro), presión de vacío residual (≤ 4 KPa) y variación de tiempos de homogeneización de temperatura antes de la determinación de m3 (entre 30 y 180min).

normativos, un aumento de ésta produce una disminución del valor de los huecos en mezcla (entre un 0.8 y un 0.6%) por subestimación de la densidad máxima.

- Una disminución de presión residual de vacío, como cabría esperar, aumenta la extracción del aire ocluido, consiguiendo



Figura 2. Preparación de distintas cantidades de mezcla para ensayo

Las tendencias encontradas pueden observarse en los siguientes gráficos:

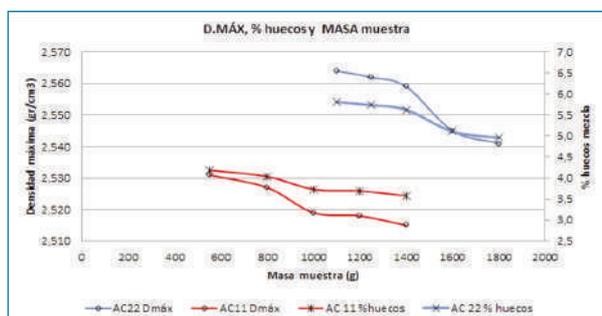


Figura 3. Variación de la D.máx y el % de huecos con la masa de la muestra de ensayo

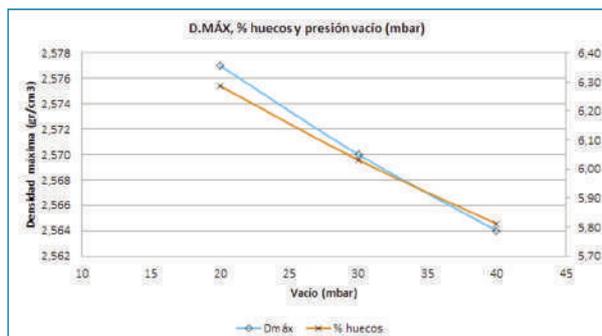


Figura 4. Variación de la D.máx y el % de huecos con la presión residual de vacío (mbar)

A la vista de los datos obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Al variar la cantidad de muestra utilizada dentro de los límites

un aumento de densidad máxima. Esta disminución cumpliría las condiciones normativas.

- Los datos obtenidos para la evolución de los parámetros con el tiempo de acondicionamiento de temperatura, nos indican que la tendencia es asintótica hacia un valor estable, lo que podría indicar salida del aire residual o bien equilibrio de procesos de absorción, aunque esto ocurre fuera del rango de tiempos indicado en la norma.

El conjunto de datos parecen indicar que, en efecto, el comportamiento de las variables y su influencia en el resultado final del ensayo, están en consonancia con la dificultad de extracción del aire de la masa disgregada de mezcla bituminosa

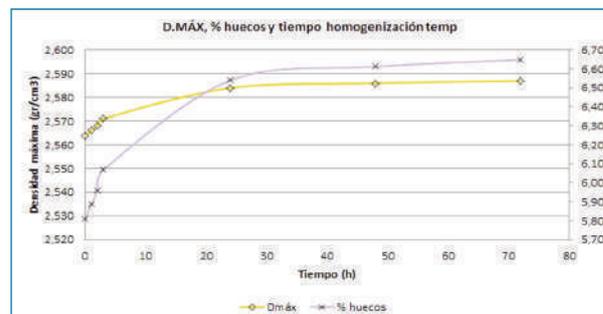


Figura 5. Variación de la D.máx y el % de huecos con el tiempo de acondicionamiento para la temperatura

hasta el extremo de obtener resultados significativamente diferentes dentro del marco de condiciones normativas.

Esta dificultad para extraer el aire ocluido puede ser observa-

da si utilizamos el equipo de vacío con ventanilla de vidrio superior cuando nos encontramos en la fase final del proceso de aplicación de vacío. En ese momento, incluso si se ha utilizado un agente dispersante en la fase acuosa, pueden distinguirse burbujas de aire sobre la superficie de la mezcla bituminosa que son reabsorbidas una vez finaliza la aplicación de presión negativa.

La tendencia convergente de los datos obtenidos por ambos métodos, que se produce cuando se alarga el período de aclimatación del picnómetro tras el ensayo (figura 5), debe ser objeto de estudio. En la norma 12697-5:2003 [8] vigente en el momento de entrada en vigor del marcado CE, el tiempo máximo no se limitaba para determinaciones en medio acuoso. Este extremo cambió en la revisión de la norma de 2010, limitándose el tiempo máximo a 180 minutos para evitar posibles procesos de absorción. La presencia o no de esos procesos de absorción y su compatibilidad con la salida total del aire ocluido se presenta como elemento clave para la convergencia de los métodos y debe ser ponderada.

4. Conclusiones

Las conclusiones derivadas del presente estudio pueden agruparse en dos vertientes fundamentales, que se encuentran, a su vez, interrelacionadas:

- En primer lugar, se ha constatado que parece existir una diferencia significativa y sistemática entre los valores de huecos en aire determinados por el método actual de referencia, que utiliza como valor clave la densidad máxima volumétrica, y el anterior, que utilizaba el valor de densidad máxima teórica. Esto tiene especial relevancia debido a que los límites para los valores admisibles de huecos en mezcla recogidos en los pliegos, han permanecido prácticamente invariables. Así por ejemplo, derivado de lo anterior, se puede subestimar la dotación de betún en la fase de diseño para poder alcanzar el contenido en huecos especificado, ya que las mezclas resultan más cerradas comparativamente. Estimamos que un estudio a nivel nacional puede proporcionar más información al respecto para abordar un posible cambio en los valores limitantes actuales.
- En una segunda vertiente, enfocada en la reproducibilidad del método vigente de determinación de densidad máxima, debemos ser conscientes de la variabilidad propia del método

(límite reproducibilidad 22 kg/m³ [2]) y de la afección que produce en la determinación de huecos. Consideramos que es necesario acordar un protocolo entre las partes intervinientes en el control de unidades de obra para fijar las variables estudiadas en el presente artículo. Estos protocolos debieran ser validados mediante ejercicios de intercomparación. Lo anterior conecta a su vez con el apartado anterior ya que debemos minimizar las desviaciones en el método actual para poder evaluar convenientemente el rango de diferencias con el método anterior.

5. Referencias bibliográficas

- [1] NLT-168/90 Densidad y huecos en mezclas bituminosas compactadas. CEDEX.
- [2] UNE-EN 12697-5:2010/AC:2012 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- [3] UNE-EN 13108-20:2007/AC:2009 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo.
- [4] Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3 Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre 2014.
- [5] NLT 167-96. Densidad relativa de los áridos en aceite de parafina. CEDEX.
- [6] UNE EN 1097-6:2014. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.
- [7] UNE EN ISO 3838:2004. Petróleo crudo y productos petrolíferos líquidos o sólidos. Determinación de la densidad o de la densidad relativa. Métodos del picnómetro de tapón capilar y del picnómetro bicapilar graduado.
- [8] UNE EN 12697-5:2003+A1:2007. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.



CARRETERA A ESTRENAR CADA DÍA

En Cepsa queremos cuidar y conservar las carreteras siempre en perfecto estado. Por ello, disponemos de una amplia gama de betunes convencionales, desde la Gama ELASTER de última generación en betunes modificados con polímeros, hasta masillas sellantes.

Mantener las carreteras es fácil con los Asfaltos de Cepsa.

Más información en el **91 265 47 13** o en cepsa.com/asfaltos



CEPSA

Tu mundo, más eficiente.

UNE-EN 12697-2:2015

Granulometría de las partículas

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 mediante tamizado y pesaje, de la distribución granulométrica de los áridos extraídos de las mezclas bituminosas, según la UNE EN 12697-1 o la UNE EN 12697-39.

NOTA: Las fibras o aditivos sólidos no solubles en la extracción pueden influir en el resultado del ensayo.

2. Método operativo

Las muestras de ensayo del árido proceden del ensayo de contenido de ligante por la UNE EN 12697-1 o UNE EN 12697-39 y deben secarse en estufa hasta masa constante (*masa constante es la masa determinada tras pesadas realizadas a intervalos de, al menos, 1 hora y que no difieren entre sí en más del 0,1 %*).

El ensayo se realiza según la UNE EN 933-1. Si la cantidad de material es inferior a la requerida, se debe ensayar la cantidad total de material disponible, que debe ser la menor entre 50 D g y 1000 g.

En ocasiones, cuando la muestra procede del ensayo de contenido de ligante con disolvente (UNE EN 12697-1), puede ser neces-



sario lavar el material con algún aditivo peptizante (producto jabonoso) para disminuir la tensión superficial. Si la muestra procede del ensayo de contenido de ligante por incineración (UNE EN 12697-39) se puede realizar el ensayo de tamizado en seco aunque si la muestra que pasa el tamiz 0,063 mm es mayor que el 1 %, se repite el ensayo lavando todo el material.

Los cálculos se realizan según indica la norma UNE EN 933-1: porcentaje acumulado de la masa seca original que pasa por todos los tamices hasta el tamiz 0,063 mm.

3. Equipamiento

Los equipos necesarios son los siguientes:

Tamices, según normas ISO 3310-1 para abertura $\leq 2,8$ mm. y norma ISO 3310-2 para tamices con abertura de ≥ 4 mm.

Otros equipos que vienen recogidos en la norma UNE EN 933-1, que son: Estufa ventilada para mantener la temperatura a $110 \pm 5^\circ\text{C}$, balanzas de precisión con error máximo de 0,1% de la masa de ensayo, tamizadora (opcional), bandejas, cepillos, etc....

4. Puntos Críticos

Es un ensayo muy sencillo y con buena repetibilidad ($r=1\%$) y reproducibilidad ($R=1,7\%$). Se debe tener especial precaución en realizar el ensayo con la muestra totalmente seca y limpia de restos de ligante.

Las mayores diferencias en los resultados suelen venir producidas por una incorrecta toma de muestra o división de la misma

5. Comentarios

El resultado de la determinación granulométrica de los ári-

dos que proceden de una mezcla bituminosa es un parámetro importante para asegurar las propiedades de la mezcla.



6. Bibliografía

- UNE-EN 12697-1. Contenido de ligante soluble.
- UNE-EN 933-1. Granulometría de los áridos.
- UNE-EN 12697-39. Contenido de ligante por ignición.

Es un ensayo muy sencillo de realizar pero a la vez muy importante para garantizar la calidad, homogeneidad y composición de una mezcla bituminosa.

#71

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Desde hace ya más de 4 décadas las mezclas asfálticas son uno de los mejores ejemplos de economía circular, al poder reutilizarse de nuevo mediante su reciclado ” (Uso de mezclas bituminosas recicladas (RAP), sin calentamiento, rejuvenecidas con aditivo)

#SOSTENIBILIDAD - MEDIO AMBIENTE

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 noviembre de 2017 hasta 6 de agosto de 2018.

MEZCLAS BITUMINOSAS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 51/SC1)

NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE EN 13303 (Publicada en Abril 2018)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la pérdida de masa por calentamiento de los betunes industriales
- **UNE EN 13398 (Publicada en Junio 2018)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la recuperación elástica de los betunes modificados
- **UNE EN 13399 (Publicada en Mayo 2018)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la estabilidad al almacenamiento de los betunes modificados
- **UNE EN 13588 (Publicada en Junio 2018)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la cohesión de los ligantes bituminosos mediante el ensayo de péndulo

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 1431 (Última publicación año 2009)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación por destilación del ligante residual y de los fluidificantes en las emulsiones bituminosas
- **PNE-prEN 12591 (Última publicación año 2009)** Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación
- **PNE-prEN 13074-1 (Última publicación año 2011)** Betunes y ligantes bituminosos. Recuperación del ligante de las emulsiones bituminosas o de los ligantes bituminosos fluidificados o fluxados. Parte 1: Recuperación por evaporación
- **PNE-prEN 13074-2 (Última publicación año 2011)** Betunes y ligantes bituminosos. Recuperación del ligante de las emulsiones bituminosas o de los ligantes bituminosos fluidificados o fluxados. Parte 1: Estabilización después de la recuperación por evaporación
- **PNE-prEN 13302 (Última publicación año 2010)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica de los ligantes bituminosos usando un viscosímetro de rotación de aguja
- **PNE-prEN 13588 (Última publicación año 2010)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las características de destilación de los betunes fluidificados y fluxados fabricados con fundentes de origen mineral
- **PNE-prEN 13589 (Última publicación año 2008)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de betunes modificados por el método fuerza-ductilidad
- **PNE-prEN 13702 (Última publicación año 2010)** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica del betún modificado por el método del cono y la placa.

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

NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE EN 12697-16 (Publicada en Septiembre 2017)**
Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 16: Abrasión por neumáticos claveteados
- **UNE EN 13108-8 (Publicada en Julio 2018)**
Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 8: Mezcla bituminosa reciclada
- **UNE EN 14187-1 (Publicada en Septiembre 2017)**
Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 1: Determinación de la tasa de polimerización

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-EN 12274-1 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Toma de muestras
- **PNE-EN 12274-2 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del contenido en ligante residual incluida la preparación de las muestras
- **PNE-EN 12274-3 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3: Consistencia
- **PNE-EN 12274-4 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la cohesión de la mezcla
- **PNE-EN 12274-5 (última publicación año 2003)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación del contenido mínimo de aglomerante y resistencia al desgaste
- **PNE-EN 12274-6 (última publicación año 2002)** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Velocidad de aplicación
- **PNE-EN 12697-2/prA1 (última publicación año 2015)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas
- **PNE-EN 12697-3/prA1 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 3: Recuperación de betún. Evaporador rotatorio
- **PNE-prEN 12697-5 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima
- **PNE-prEN 12697-8 (última publicación año 2003)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-10 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 10: Compactibilidad
- **PNE-EN 12697-12 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua
- **PNE-prEN 12697-13 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 13: Medición de la temperatura
- **PNE-EN 12697-17 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 17: Pérdida de partículas de una probeta de mezcla bituminosa drenante
- **PNE-EN 12697-18 (última publicación año 2006)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 18: Ensayo de escurrimiento de ligante
- **PNE-EN 12697-22 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Ensayo de rodadura
- **PNE-EN 12697-23 (última publicación año 2004)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 23: Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-24 (última publicación año 2013)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 24: Resistencia a fatiga
- **PNE-EN 12697-25 (última publicación año 2006)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 25: Ensayo de compresión cíclico
- **PNE-EN 12697-26 (última publicación año 2012)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-EN 12697-27 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 27: Toma de muestras
- **PNE-EN 12697-30 (última publicación año 2001)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 30: Preparación de probetas mediante compactador de impactos
- **PNE-EN 12697-31 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 31: Preparación de probetas mediante compactación giratoria

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-EN 12697-32 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 32: Preparación de probetas mediante compactador vibratorio
- **PNE-prEN 12697-33 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placas
- **PNE-prEN 12697-44 (última publicación año 2011)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas en caliente. Parte 44: Propagación de fisura por el ensayo de flexión con una probeta semicircular
- **PNE-FprCEN/TS 12697-50 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 50: Resistencia al desgaste
- **PNE-FprCEN/TS 12697-51 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 51: Ensayo de resistencia superficial al corte
- **PNE-FprCEN/TS 12697-52 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 52: Acondicionamiento para determinar el envejecimiento oxidativo
- **PNE-prEN 12697-53 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 53: Incremento de la cohesión por el método de la esparsión
- **PNE-prEN 12697-54 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-prEN 12697-55 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 55: Evaluación organoléptica de la compatibilidad de los materiales constituyentes de una mezcla con emulsión de betún
- **PNE-prEN 12697-56 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 56: Preparación de muestras mediante compactación estática
- **PNE-prEN 13036-5 (norma nueva)** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-1 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-9 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 9: Mezcla bituminosa tipo AUTL
- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-prEN 13108-31 (norma nueva)** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- **PNE-EN 13285 (última publicación año 2010)** Mezclas de áridos sin ligante. Especificaciones
- **PNE-prEN ISO 13473-1 (última publicación año 2006)** Caracterización de la textura de pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 1: Determinación de la profundidad del perfil
- **PNE-prEN 13880-6 (última publicación año 2006)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 6: Método para la preparación de muestras de ensayo
- **PNE-prEN 13880-7 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 7: Ensayo de funcionamiento de productos de sellado

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 13880-8 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 8: Método de ensayo para la determinación de la variación de la masa de los productos de sellado resistentes a los carburantes después de la inmersión en carburante
- **PNE-EN 13880-10 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 10: Método de ensayo para la determinación de la adherencia y de la cohesión después del alargamiento y compresión continuados
- **PNE-EN 13880-13 (última publicación año 2004)** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 13: Método de ensayo para la determinación del alargamiento discontinuo (ensayo de adherencia)
- **PNE-prEN 14188-2 (última publicación año 2005)** Productos de sellado de juntas. Parte 2: Especificaciones para productos de sellado aplicados en frío

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Dentro del Comité Técnico de betunes y ligantes bituminosos se han publicado varias normas de ensayos para betunes modificados correspondientes a la determinación de la estabilidad al almacenamiento, recuperación elástica y cohesión. También se ha publicado una norma de ensayo para el control de la pérdida de masa de betunes industriales.

En cuanto a las normas en revisión para mezclas bituminosas se ha aprobado la norma de mezclas recicladas y se han incluido como normas en proyecto los métodos de ensayo de compactación giratoria y vibratoria.

Destacar que se están incorporando normas sobre especificaciones de mezclas fabricadas con emulsión así como métodos de ensayo para su control.

En cuanto al Comité de Áridos no ha tenido lugar ninguna modificación.

Mirando al pasado

Documento publicado en septiembre de 1981.



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

Volvemos a tocar un tema al que ya nos hemos referido varias veces en las páginas del Boletín y alguna de ellas, no hace mucho tiempo, en un "Comentario de actualidad": el empleo del betún asfáltico como aglomerante en la ejecución de tratamientos superficiales.

Cuando PROAS se fundó en 1957, la mayor parte de los pavimentos asfálticos que existían en España eran tratamientos superficiales, y un porcentaje muy elevado de estos riegos se habían ejecutado y se seguían ejecutando utilizando betún asfáltico como aglomerante. Una consecuencia casi inevitable del empleo de esta técnica era que una elevada proporción de los pavimentos españoles eran altamente deslizantes,

especialmente en tiempo húmedo, lo que contribuía evidentemente a la peligrosidad en nuestras carreteras, aunque fuera relativamente tolerable en las condiciones de reducido tráfico entonces existentes.

Durante los años transcurridos, muchas veces —a las que modestamente hemos unido la nuestra siempre que nos ha sido posible— se han elevado en contra de esta práctica, que, por el motivo indicado, resulta poco deseable. Se ha generalizado el empleo, primero, de los asfaltos fluidificados y, después, de todos los tipos de emulsiones asfálticas como aglomerantes para riegos, y el riego con betún ha dejado de utilizarse casi por completo, pero aún existen zonas en las que se continúa empleando, lo que no deja de ser sorprendente.

Es cierto que no se puede afirmar categóricamente que un riego ejecutado con betún asfáltico como aglomerante ha de estar forzosamente mal.

Trabajando en condiciones óptimas, con un proyecto y con materiales adecuados, este tipo de tratamientos puede reunir características satisfactorias y comportarse perfectamente, pero en la práctica no suele suceder así, ya que las dificultades que implica su empleo dan lugar a que, con facilidad, se produzcan sobredosificaciones que dan lugar muy pronto a la aparición de exudaciones y, por consiguiente, zonas deslizantes en unos pavimentos por los que hoy circulan muchos más vehículos que hace 25 años y, generalmente, a velocidades mucho más altas que entonces.

Para lograr buenos resultados con este tipo de pavimentos, es importante utilizar gravilla de gran tamaño dosificada muy cuidadosamente y tener gran cuidado de que, al regar el betún, la dosificación sea uniforme, sin excesos que produzcan exudaciones ni defectos que den lugar a pérdidas de gravilla que dejen al descubierto el aglomerante, con lo que se llega prácticamente al mismo efecto.

El empleo de betún asfáltico como aglomerante hace difícil un trabajo satisfactorio de la barra de los camiones regadores por ser frecuente la obstrucción de boquillas y, si el riego se hace a mano, las inevitables irregularidades de dosificación que se dan —incluso empleando los operarios más hábiles— conducen de nuevo a las temidas exudaciones.

En resumidas cuentas, una técnica que es muy difícil ejecutar bien y que, por consiguiente, debería desaparecer por completo en beneficio de alternativas que se desarrollaron fundamentalmente para evitar estos peligros, entre las que el empleo de las emulsiones asfálticas es, sin duda, la más satisfactoria.



LA
CARRETERA
DEL
FUTURO

Noticias del sector

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

D. Juan José Potti, presidente de ASEFMA, recibe el Premio Defensor del Asfalto 2018 de EAPA

La Asociación Europea de Asfalto y Pavimento (EAPA, por sus siglas en inglés) ha anunciado el fallo del Premio Defensor del Asfalto 2018, galardón que reconoce la mejor iniciativa del año desarrollada por sus miembros en materia de promoción de mezclas asfálticas y apoyo a la campaña de promoción del asfalto "Asphalt Advantages Campaign". El comité ejecutivo de la entidad ha declarado ganador a Juan José Potti, presidente de ASEFMA, a quien su director, Carsten Karcher, hizo entrega del premio durante la Asamblea General, celebrada en Berlín este 13 de junio, en vísperas del Eurasphalt & Eurobitume Event 2018.



D. Alberto Bardesi Orúe-Echevarría es distinguido con la Medalla al Mérito Profesional

La Medalla al Mérito Profesional la concede el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos a aquellos que han destacado con notoriedad manifiesta en el ámbito de la profesión o en su actuación profesional.

Simposio Nacional de Firmes 2018

Madrid acogerá del 16 al 18 de octubre el Simposio Nacional de Firmes (SNF 2018), un evento organizado por la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) en colaboración con ASEFMA y OFICEMEN que se celebrará en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Tras un largo periodo de crisis económica en el que ha habido escasez de reuniones técnicas de alto nivel en materia de firmes, la Asociación Técnica de Carreteras ha asumido el compromiso de retomar esta tarea y promover la celebración periódica de un Simposio Nacional en el que la comunidad técnica y científica española pueda poner en común sus avances y propuestas en esta materia.

El Simposio Nacional de Firmes SNF 2018 quiere ser el primero de una larga serie y ha elegido como lema un mensaje unificador para todos los relacionados con el mundo de los firmes y de la carretera: En ruta hacia una economía circular.

Este lema presenta el atractivo del reto que supone transformar nuestra forma de consumo lineal (extraer, fabricar, utilizar, y eliminar) en una forma de consumo circular (extraer, fabricar, consumir, compartir, reparar, valorizar, reutilizar); y el atractivo de la seguridad que representa sentirse parte de un grupo, puesto que, esta tarea que vamos a emprender, necesita de la colaboración de todos.

Durante estos últimos años el sector se ha transformado profundamente, mejorando y preparándose para dar respuesta a las necesidades de una sociedad y a una forma de vida en continua evolución: nuevos materiales, soluciones más eficientes, menor generación de residuos, sistemas inteligentes de transporte, vehículos autónomos, etc.

El próximo Simposio pretende hacer balance de lo aprendido, recopilar dudas e inquietudes y marcar nuevas metas para el sector.

Durante los tres días de la celebración del SNF2018 tendrá lugar una Exposición Técnica en la que Organismos y Empresas podrán mostrar a los asistentes las novedades

en métodos, soluciones, tecnologías o productos.

El SNF2018, además de las sesiones generales (6) y mesas redondas, acogerá unas sesiones de trabajo (workshops) en las que se presentarán y debatirán aspectos técnicos específicos ligados a iniciativas de I+D+i.

De las 73 comunicaciones libres aceptadas por el Comité Técnico, 24 serán presentadas en las sesiones generales (4 por sesión) y el resto podrán ser presentadas en sesiones paralelas, dando así la ocasión de poner en común avances y novedades en materia de firmes y carreteras.

Madrid acogerá en noviembre la IV Jornada Técnica Nacional de Emulsiones Bituminosas

Desde el año 2002, la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) representa el liderazgo tecnológico en el sector de las emulsiones bituminosas, a través de sus diferentes áreas de gestión y de los grupos de trabajo de su Comité Técnico.

Bienalmente celebra una Jornada Nacional y esta iniciativa cumple este año su cuarta edición. La IV Jornada Técnica Nacional de Emulsiones Bituminosas, se celebrará en Madrid el próximo 22 de noviembre bajo el título "Técnicas con Emulsión Bituminosa. Claves en la Economía Circular". Un acontecimiento marcado por un objetivo: comunicar al sector lo más relevante en relación con el empleo de las emulsiones bituminosas.

Esta jornada, en la que tanto las administraciones públicas como las empresas privadas del sector deben poner todo su empeño, permitirá satisfacer las necesidades concretas de la conservación y construcción de carreteras, a través de nuevos conceptos, como el de "Economía Circular", donde reducir, reutilizar y reciclar deberá ser una prioridad también para los firmes de las carreteras.

En ella se afrontarán diversos temas de interés para el sector de la pavimentación que están divididos por sesiones: En primer lugar, habrá una sesión dedicada a los cambios normativos centrados en las Emulsiones Bituminosas y algunas de sus técnicas de pavimentación. Una segunda, pensada en diferentes aspectos de buenas prácticas de obra. Otra dirigida a las técnicas que permiten el empleo del reciclado del firme y la última del día, que tratará de las herramientas necesarias para el análisis de ciclo de vida.

Para finalizar, se otorgará el Premio al mejor post del Blog de ATEB en el periodo 2016 – 2017, y, como viene siendo habitual en cada Jornada Nacional, se hará un reconocimiento como Miembros de Honor a dos personas que han apoyado y animado a ATEB desde los comienzos de esta aventura, poniendo así el broche final a la IV Jornada Técnica Nacional de Emulsiones Bituminosas.

8th EATA Conference

La Universidad de Granada (España) acogerá la 8ª Conferencia de la Asociación Europea de Tecnología del Asfalto, que tendrá lugar del 3 al 5 de junio de 2019 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Durante estos días, los participantes tendrán la oportunidad de compartir sus trabajos relacionados con los siguientes temas:

- Propiedades mecánicas, térmicas, químicas y / o físicas y características de betunes, aditivos, mezclas bituminosas, hormigón asfáltico, así como el diseño de las mezclas.
- Aspectos de sostenibilidad y medioambientales de los materiales bituminosos utilizados para carreteras y otras infraestructuras de transporte (ferrocarriles, puertos, aeropuertos ...).
- Diseño y modelización del comportamiento y prestaciones del pavimento, evaluación estructural, interacción entre vehículo y pavimento, efectos climáticos y modelización numérica y analítica para las diferentes capas bituminosas de carreteras y otras infraestructuras de transporte (ferrocarril, puertos, aeropuertos ...).
- Nuevas mezclas y componentes de mezcla, incluidos pavimentos asfálticos inteligentes e innovadores.
- Procedimientos de construcción y rehabilitación, así como nuevas tecnologías de producción de asfalto.

La presentación de trabajos está abierta hasta el 1 de noviembre de este año 2018.

Se publicará una selección de los mejores trabajos en un número especial del diario Road Materials and Pavement Design y la mejor presentación y póster en esta conferencia recibirá un premio EATA 2019.

Las carreteras españolas sufren el mayor deterioro de su historia

Según un estudio presentado por la Asociación Española de la Carretera (AEC), las carreteras españolas se encuentran en uno de los peores momentos de su historia, llegando a rozar el muy deficiente en lo que a materia de conservación se refiere. Únicamente "aprueban" las carreteras que atraviesan Extremadura. En el lado opuesto, con una calificación de "muy deficiente" figuran las carreteras de La Rioja y Asturias.

Baches, grietas, roderas, son los principales problemas que se pueden observar en el pavimento de 1 de cada 13 kilómetros de carreteras, algo que llega alcanzar un 50% de su superficie.

A grandes rasgos, el estudio nos muestra la falta de conservación en un patrimonio valorado en 145.000 millones que va deteriorándose día a día. "A partir del año 2009 dicho patrimonio fue víctima de los sucesivos y reiterados ajustes en los presupuestos públicos. Esta situación ha llevado a que entre 2001 y 2017 las carreteras del Estado perdieran un 36% de su valor patrimonial y un 38% las de las Comunidades Autónomas y Diputaciones Forales.

Según la Asociación Española de la Carretera "revertir esta situación requeriría una inversión mínima de 7.054 millones de euros, cantidad en la que se cifra el déficit que acumula el mantenimiento del conjunto de las infraestructuras viarias":

- 2211 millones en la red que gestiona el Estado.
- 4843 millones en la que administran los gobiernos autonómicos y forales.

"Concretamente el pavimento acumula el 93% de déficit total de las carreteras españolas, que la AEC estima en 6.574 millones de euros (un 6% más que en 2015)". Una situación de deterioro progresivo que está provocando incomodidad de la circulación, inseguridad vial, pérdida de competitividad interterritorial y europea, aumento exponencial de los costes de reparación de pavimento, incremento de los costes de mantenimiento de los vehículos y aumento de las emisiones contaminantes. La situación es grave: los firmes de las carreteras del Estado, han perdido 17 puntos entre 2015 y 2017, mientras que en la red de carreteras de comunidades autónomas y diputaciones forales la caída ha sido de 8 puntos.

Una carretera inteligente que detecta sus propios baches

Muchos son los avances que se han ido consiguiendo para mejorar las carreteras, desde la construcción de pavimentos flexibles de asfalto, pasando por la implantación de tela asfáltica sobre hormigón, hasta llegar a la carretera inteligente, en la que se pretende detectar sus propios baches gracias a un sistema bautizado como ePave y publicado en la revista científica suiza Sensors.

Un proyecto, que une a expertos informáticos de la Universidad de Búfalo (EEUU) con investigadores de la Universidad de Chang'an (China), está basado en una red sensorial inalámbrica que ofrece a tiempo real el estado de las carreteras, algo que servirá para que los centros de control puedan tener constancia de parámetros como la temperatura, humedad o la presión que registra cada una de ellas.

A diferencia de lo que se había hecho hasta ahora por parte de otras tecnologías, que sólo se centraban en baterías o recurrir a la energía solar; los desarrolladores de ePave, apuestan por emplear la piezoelectricidad para alimentar los sensores de su sistema y así poder recargarlos por medio de la presión ejercida por los vehículos al pasar por encima.

Otra de las novedades será el tamaño, que será similar al de un llavero, y los sensores ePave se podrán instalar en intervalos de ciento cincuenta metros para transmitir información a las estaciones receptoras en un radio de trescientos metros.

Aunque esto es algo que se encuentra en estado inicial, los investigadores prevén que estos módulos tendrían una longevidad de entre cinco y veinte años, llegando a ser un nuevo aliado que evitará incidentes en la carretera.

Una guagua sin conductor realizará la Ruta de los Volcanes de Timanfaya

La Asociación Española de la Carretera y la Universidad Carlos III lideran un proyecto pionero de transporte autónomo en Lanzarote. El proyecto CITIES, fue aprobado el pasado jueves por el Cabildo de Lanzarote y supondrá una reducción de emisiones de CO2 de hasta 469 toneladas al año

Los turistas que visiten el Parque Nacional de Timanfaya, en la isla de Lanzarote, dentro de apenas dos años se-

guirán realizando la Ruta de los Volcanes como se viene haciendo hasta ahora, en autobús. Sin embargo, la excursión proporcionará una experiencia sin duda excepcional, ya que en las futuras guaguas no habrá conductor.

La empresa pública Centros de Arte, Cultura y Turismo (CACT), dependiente del Cabildo de Lanzarote, acaba de aprobar la puesta en marcha de un proyecto denominado CITIES Timanfaya, cuyo objetivo es la incorporación de vehículos eléctricos y autónomos en el recorrido de las Montañas del Fuego.

La iniciativa es un proyecto pionero de investigación y desarrollo que cuenta con el apoyo y la participación de un consorcio compuesto por una decena de entidades españolas de reconocido prestigio en el sector del transporte inteligente. Dicho consorcio está liderado por la Asociación Española de la Carretera (AEC), la Universidad Carlos III de Madrid y la empresa 2RK Consultores en Transporte Independiente.

“VII Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo”

El certamen convocado por la Fundación de la Asociación Española de la Carretera (FAEC) al que, en las seis ediciones celebradas hasta la fecha, se han presentado cerca de 150 trabajos que proceden de centros de investigación, tanto públicos como privados, de una veintena de países de las áreas latinoamericana y europea, celebrará su séptima edición con la presente convocatoria 2017-2018.

En cuanto a los temas objeto de investigación, predominan los trabajos relacionados con la pavimentación, técnicas y materiales, seguridad vial y gestión y explotación viaria, sin olvidar las cuestiones que afectan a la calidad ambiental en el marco de la actividad constructora o en las fases de explotación de la infraestructura.

El certamen, dotado con una cuantía de 12.000 euros para el proyecto ganador, está abierto a todo tipo de investigaciones, tesis y proyectos innovadores que aborden la carretera desde cualquiera de sus múltiples perspectivas. Únicamente se admiten trabajos recientes y novedosos que, aun habiendo sido divulgados en el ámbito docente o científico, no hayan resultado premiados en otros certámenes.

Desde su creación en 2005 como homenaje al ilustre

ingeniero que le da nombre, el “Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo” esta convocatoria tiene como finalidad contribuir al desarrollo de la tecnología viaria en todo el mundo, fomentando la realización de estudios e investigaciones, en lengua castellana, que incentiven la innovación en el sector de la carretera.

V Premio Sandro Rocci

La Asociación Técnica de Carreteras (ATC), Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC), convoca un concurso de trabajos técnicos, abierto a los jóvenes profesionales que manifiesten un interés en el sector de la carretera y de los transportes.

La finalidad de este premio es promover la realización de trabajos técnicos por los profesionales jóvenes que trabajen dentro del sector de la carretera en cualquiera de los campos de interés de la Asociación Técnica de Carreteras y de la Asociación Mundial de la Carretera.

Tiene por objeto fomentar el interés y la especialización de las nuevas generaciones en el ámbito de la tecnología de carreteras, así como el desarrollo de nuevas ideas en esos campos. También se pretende incentivar la participación de los jóvenes en las actividades de la Asociación Técnica de Carreteras.

I Concurso de Relato Corto de la Revista Carreteras

Con el doble propósito de promover la escritura creativa entre los alumnos de Ingeniería Civil y de otras titulaciones, al tiempo que dar a conocer la Revista Carreteras entre los futuros profesionales del sector viario, la publicación, cabecera técnica de la Asociación Española de la Carretera, convoca el I Concurso de Relato Corto «Cuentos de la Carretera», en el que podrán participar alumnos de cualquier Universidad de Ibero-Latinoamérica, incluidos doctorandos matriculados en el curso 2017-2018, que presenten relatos originales escritos en lengua castellana cuya trama, bien guarde relación con la Carretera, bien tenga a ésta como protagonista, escenario, contexto, etc.

XIII Jornada Nacional de Asefma

El concepto Asfalto 4.0: una respuesta a los nuevos desafíos sobre Movilidad y sostenibilidad

La jornada nacional de Asefma es el evento de referencia del sector de la pavimentación asfáltica. Los días 30 y 31 de mayo tuvo lugar en Madrid la última edición en la que bajo el lema "El concepto Asfalto 4.0: una respuesta a los nuevos desafíos sobre Movilidad y sostenibilidad" se trató cómo el reto de la digitalización está afectando al sector.

Madrid, 30 y 31 de Mayo de 2018

XIII Jornada Nacional asefma 2018

PROVISIONAL

PROGRAMA

XIII Jornada Nacional asefma 2018

30 y 31 de Mayo de 2018

#XIIIJornadaAsefma

El concepto Asfalto 4.0 una respuesta a los nuevos desafíos sobre movilidad y sostenibilidad

Óscar Hidalgo IRI
María Celia Yuste Bermejo IRI - 20000 Madrid

Coorganizador:
Dr. Ing. Angel Sampedro y Dra. Ing. Mª Elena Hidalgo

INSCRIPCIONES

La inscripción debe formalizarse en:
asefma@asefma.com.es

Después haber realizado el ingreso en la Cuenta Corriente:
Banco: 4120 0013 29 (caixa3) 289

Inscripción online a través de:
www.itafe.com

Síguenos en Twitter @XIIIJornadaAsefma

asefma

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

Avda. General Perón, 26 T. +34 911 293 560
28020 Madrid F. +34 911 293 565
www.asefma.es E. asefma@asefma.com.es

Tan apasionante lema fue abordado mediante 7 intensivas sesiones en las que se trataron los siguientes aspectos:

- La gestión digital en las obras de carreteras.
- Sistemas de integración y control digital en la fabricación y transporte de mezclas bituminosas.
- Nuevos desarrollos tecnológicos en las etapas de extendido y compactación de mezclas bituminosas.
- Ejemplos de desarrollos actuales en el sector y desafíos a los que nos enfrentamos.
- Control del proceso global de pavimentación.
- Comunicaciones libres.
- La transformación digital, un proceso imparabable.

La elección del lema no ha sido nada baladí: existe un impulso irrefrenable a nivel industrial que bajo la denominación

Industria 4.0 está acogiendo lo que ya se denomina la cuarta revolución industrial. Muy diversos sectores industriales están desarrollando estrategias propias, ya que no existe un único modelo, aunque todos ellos se caracterizan por una creciente y adecuada digitalización y coordinación cooperativa en todas las unidades productivas de la economía. Cómo aplicar estos principios al sector de la pavimentación es el objeto de los diversos contenidos que se detallan a continuación.

El contenido de la jornada ha mostrado el firme compromiso del sector con la innovación y el desarrollo, incorporando a al trabajo diario herramientas innovadoras que ayudarán al mundo de la pavimentación asfáltica a ser un líder en el campo de la construcción y conservación de infraestructuras viarias.

La apertura de la jornada fue llevada a cabo por D^a. Rosalía Bravo, Subdirectora general de proyectos del Ministerio de Fomento que posteriormente desarrolló una conferencia sobre la implantación de la nueva ley 9/2017 de contratos del sector público.

También en representación del Ministerio de Fomento, acudió a la cita D. Manuel Niño, que como Secretario General de Infraestructuras, anunció que el Ministerio iba intentar dar cumplimiento a las demandas de las empresas del sector que rechazan el sistema de subasta tradicional basado exclusivamente en el precio y refirió a las adaptaciones que está realizando Fomento del pliego de cláusulas administrativas atendiendo a la nueva Ley de Contratos del Sector Público que entró en vigor el 9 de marzo. "En el pliego que estamos adaptando para obras de rehabilitación en los criterios evaluables además de la propuesta económica con peso del 70% se quiere introducir elementos como incremento de gastos en ensayos, la disponibilidad de una planta de fabricación de mezcla bituminosa en caliente o la puesta a disposición de un equipo adicional en el extendido de mezclas para realizar las obras con mayor rapidez".

Igualmente expresó que la adaptación del pliego de cláusulas administrativas relativo a obras nuevas ya ha sido aprobado y destacó entre sus novedades más importantes: la in-

XIII Jornada Nacional de Asefma

corporación de la licitación electrónica y del documento europeo único de contratación o la declaración responsable del licitador, cuyo objetivo es simplificar los procedimientos de contratación y, por ende, reducir el coste que tienen las empresas al licitar obras.

Respecto a las licitaciones, desde 2017 se han licitado 147 contratos en carreteras por valor de 1.300 millones de euros, de los cuales 135 millones para obras de conservación. “Tenemos proyectos redactados que esperamos sacar a licitación de manera inminente por valor de 70 millones”, afirmó Manuel Niño.

La tecnología digital en el sector de la pavimentación.

El primer bloque de tecnologías digitales se dedicó al BIM (Building Information Modelling) una metodología ampliamente extendida en el sector de la edificación y grandes obras de ingeniería civil, pero que aún están en un grado incipiente de desarrollo en el campo de las obras lineales.

Además de varias presentaciones sobre algunas de las experiencias prácticas de BIM, tuvo lugar una mesa redonda en la que experimentados técnicos ofrecieron su parecer a la audiencia.

La siguiente sesión mostró el grado de desarrollo digital que las plantas de fabricación han incorporado como un estándar, mejorando la calidad de los productos fabricados y asegurando una trazabilidad de todos los parámetros.

En el bloque temático que tenía por título “Nuevos desarrollos tecnológicos en las etapas de extendido y compactación de mezclas bituminosas” se mostraron desde propuestas futuristas, a cargo de Jacinto García Santiago, hasta experiencias más reales que poco a poco se van implantando en los procesos de puesta en obra de las mezclas bituminosas, con un especial énfasis en el potencial de la georreferenciación y destacando la importancia que el control térmico avanzado está teniendo para mejorar la durabilidad de los pavimentos asfálticos.

La experiencia digital de los asociados a Asefma.

La XIII Jornada de Asefma también proporcionó un espacio para que los asociados de Asefma pudiesen mostrar cómo están abordando el reto de la digitalización. Así, procesos de comunicación, herramientas de gestión digital en las obras, auscultación de última generación etc, tuvieron cabida en esta sesión.

La vista en el pasado para visualizar el futuro.

Andrés Costa y Xavier Flores fueron protagonistas de uno de los momentos estelares de la jornada, aunando visiones complementarias sobre el desarrollo tecnológico del sector en los últimos 30 años y exponiendo cuáles van a ser los principales hitos en el futuro digital que nos espera.



Las comunicaciones libres, el clásico que nunca defrauda

Si hay un elemento común a todas las jornadas de Asefma, éste es el del espacio dedicado a las comunicaciones libres, en el que el sector sorprende año tras año presentando trabajos de calidad llevados a cabo en un entorno que para nada favorece la I+D+i.

Más de una veintena de trabajos fueron presentados y tras un detallado proceso de selección a cargo del Comité Técnico de Asefma, seis son las comunicaciones a las que se les ofreció la oportunidad de exponer en público el contenido del trabajo y optar al premio a la mejor comunicación libre, que en esta ocasión recayó en la publicación titulada "Evaluación de la resistencia a la fisuración de las capas de rodadura ultrafinas utilizadas en la conservación de pavimentos.

El trabajo, liderado y presentado por el catedrático D. Rodrigo Miró, al frente de un equipo de investigadores de la Universidad Politécnica de Cataluña, fue seleccionado por su rigor científico, innovación, impacto sobre el sector y calidad expositiva.

La transformación digital vista por los expertos.

No todos los sectores están abordando la transformación digital con la misma intensidad, ni es seguro que copiar de forma exacta modelos de otros sectores sea una estrategia adecuada. Sin embargo, sí que parece pragmático echar un vistazo a cómo en otras partes lo están llevando a cabo. Enrique Benayas, un gran experto y Director General de ICEMD (Instituto de Economía Digital) de ESIC, mostró en una charla magistral cómo el mundo está aplicando nuevos enfoques y herramientas que tienen como cordón umbilical el poder de la información.

Ajustando más el campo de observación y ciñéndose al mundo de la carretera, el Presidente Ejecutivo de Asefma presentó cuál es, basándose en su experiencia y visión de futuro, el futuro, o quizás el presente, que nos espera en un entorno en que la velocidad de transformación es tan rápida que hace doblemente cierto el aforismo de Charles Darwin sobre la evolución, en la que ni los más fuertes ni rápidos sobreviven, sino los que mejor se adaptan al entorno. De sus palabras quedó muy claro que hablar de transformación digital no sólo afecta a la comunicación digital, ni a la gestión integrada de los equipos de ejecución de obras, etc.. sino que es muchísi-

mo más amplio: recursos humanos o gestión del talento, actividad comercial y de promoción, gestión del conocimiento, etc... Desde ese punto de vista tenemos dos problemas: tenemos que realizar la transformación digital del sector pero el sector tiene una media de edad muy alta (característico del sector de la construcción) y además debemos atraer a los jóvenes hacia este sector.

El "backstage" digital de la XIII Jornada de Asefma

Si el salón, en el que una audiencia fiel mantuvo unos niveles de asistencia más que respetables, fue la cara visible de la jornada, las sesiones digitales de la jornada, coordinadas por coordinador del grupo de trabajo 1 (GT-1) de ASEFMA Francisco José (Curro) Lucas, dieron la puntilla, haciendo que la XIII Jornada de Asefma fuese trending topic en España con más de 24 millones de impresiones.

Del total de participantes, 55 resultaron ser candidatos al premio Asfaltero 4.0 lanzado por ASEFMA para reconocer a la persona más activa e influyente en Twitter durante su XIII Jornada Nacional. El galardonado fue el ingeniero Ricardo Barasano.

Como colofón, junto a los premios a la mejor comunicación libre, se procedió también a entregar los tres premios #PhotoIRMD2018 a las fotografías que mejor representan la necesidad del mantenimiento de las carreteras. El certamen lanzado por ASEFMA en colaboración con Canon España con motivo del Día Internacional de la Conservación de Carreteras (IRMD 2018) ha contado con la participación de 39 autores, que han presentado en conjunto 112 fotografías desde las redes de Twitter y Facebook. Fue merecedora del primer premio Nanci Morales, de Málaga.



Foto ganadora del premio #PhotoIRMD2018
Créditos de fotografía: Nanci Morales (@moralessnanci)
en Twitter, 8 de abril de 2018

Colección de Monografías, en papel, de Asefma

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

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

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

Los socios de Asefma tienen un precio especial de **250€, más IVA**. Realice su pedido en asefma@asefma.com.es



MONOGRAFÍAS ASEFMA

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

También disponibles en formato DVD

Calendario de eventos

AÑO 2018		
17-18 de septiembre	RILEM-CMB Symposium	Braunschwing (Alemania)
EUROBITUMEN-EAPA		www.eurobitumen.eu
4-5 de octubre	Seminario Internacional del Asfalto: Retos en la preservación de pavimentos asfálticos	Tijuana (México)
AMAAC		www.amaac.org.mx
9-11 de octubre	Seminario Internacional de Firmes	Durban (Sudáfrica)
PIARC		www.piarc.org
11 de octubre	Día Internacional de la carretera	
11-12 de octubre	3er Congreso paraguayo de Vialidad y Tránsito	Ciudad del Este (Paraguay)
APC		www.apcarreteras.org.py
15-18 de octubre	2018 ARRA Semi-Annual Meeting	Virginia (EUA)
ARRA		www.arrac.org
16-18 de octubre	Simposio Nacional de Firmes SNF 2018	Madrid (España)
PIARC		www.piarc.org
5-7 de noviembre	1st Internacional Conferencie on Stone Matrix Asphalt	Georgia(EUA)
NAPA		www.eapa.org
6 de noviembre	Análisis Ambiental y de costes en el ciclo de vida de firmes y pavimentos	Madrid (España)
PIARC		www.piarc.org
22 de noviembre	IV Jornada Nacional de ATEB	Madrid (España)
ATEB		www.ateb.es
AÑO 2019		
13-17 de enero	TRB 98 th Annual Meeting	Washington, DC (EUA)
PIARC		www.piarc.org
20-23 de enero	NAPA. Annual meeting	Florida (EUA)
NAPA		www.eapa.org
21-24 de enero	Slurry Systems Workshop	Las Vegas (EUA)
ISSA		www.slurry.org
12-14 de febrero	Simposio de túneles de carreteras	Barcelona (España)
PIARC		www.piarc.org
12-14 de febrero	World of Asphalt2019	Indianapolis (Indiana)
NAPA		www.worldofasphalt.com
18-21 de febrero	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	Cancún (México)
AEMA-ISSA-ARRA		www.aema.org
4-5 de abril	6 th International seminar "Asphalt pavements 2019"	Opatija (Grecia)
EAPA		www.eapa.org
3-5 de junio	8 th Meeting EATA	Granada (España)
EATA		www.eata-group.eu
12-14 de junio	The 17 th International Conference "Bituminous Mixtures and Pavements"	Tesalónica (Grecia)
ICONFBMP		http://iconfbmp.civil.auth.gr
15-18 de septiembre	TRB International Conference on Low Volume Roads	Montana (EUA)
TRB		www.trb.org
6 de octubre	26º Congreso Mundial de la Carretera	Abu Dhabi (Emiratos Árabes)
PIARC		www.piarc.org
25-28 de Noviembre	XX Congreso Iberolatinoamericano del Asfalto	Guadalajara (México)
CILA		
AÑO 2020		
12-16 de enero	99 Reunión Anual TRB	Washington, DC (EEUU)
PIARC		www.piarc.org
2-5 de febrero	NAPA. Annual meeting	Hawaii (EUA)
NAPA		www.eapa.org
12-14 de mayo	The 7 th Eurasphalt & Eurobitume Congress	Madrid (España)
EUROBITUMEN-EAPA		www.eapa.org





Afirmaciones Asfálticas

#16

Las mezclas asfálticas
PUEDEN COLOREARSE
con **OBJETIVOS** estéticos
o **FUNCIONALES**

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

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

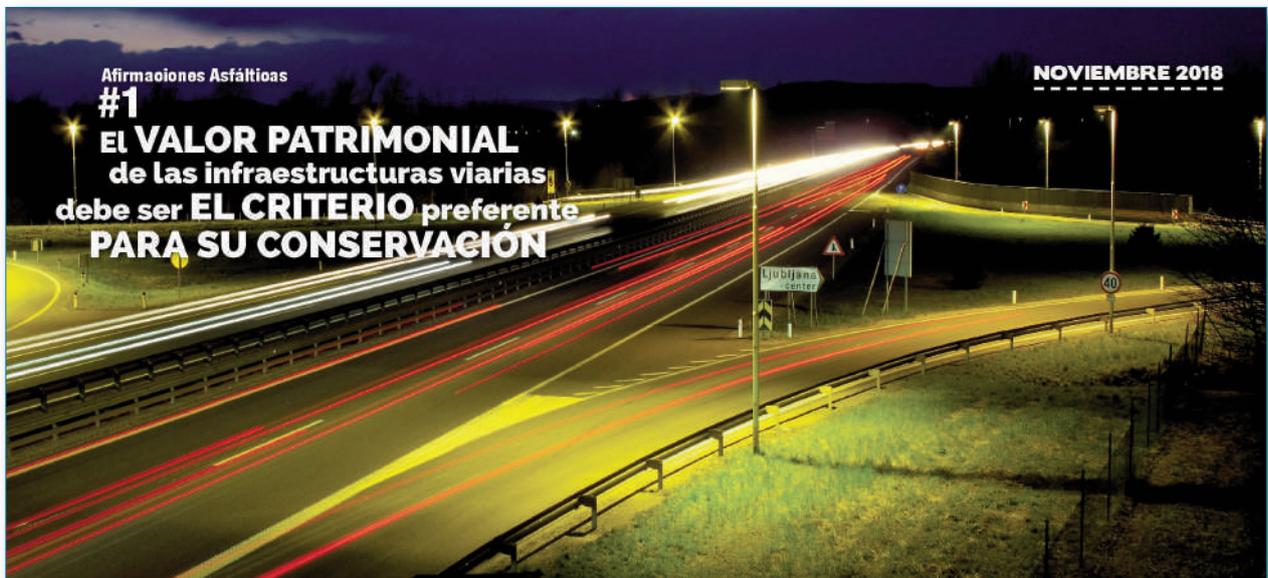
OCTUBRE 2018

Colaboran:    
 f /asfma t @asfma_es i /company/asfma @asfma

EVENTOS

Octubre
#SNFirmes2018
11 de octubre
#WorldRoadDay
#DiaMundialdeLaCarretera

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				



Afirmaciones Asfálticas

#1

EL VALOR PATRIMONIAL
de las infraestructuras viarias
debe ser **EL CRITERIO** preferente
PARA SU CONSERVACIÓN

NOVIEMBRE 2018

ADVANTAGE 31: Asphalt roads are safe roads #AsphaltAdvantages

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

NOVIEMBRE 2018

Colaboran:    
 f /asfma t @asfma_es i /company/asfma @asfma

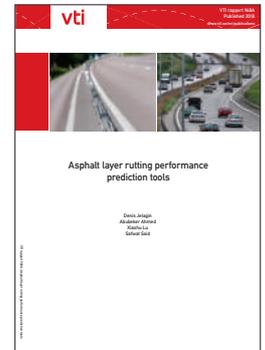
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Lecturas recomendadas

Informe “Asphalt layer rutting performance prediction tools”. VTI . marzo 2018. 56 pp (idioma: inglés)

El VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute) acaba de publicar un interesante informe que analiza los mecanismos de formación de roderas en los pavimentos asfálticos y recoge el estado del arte de métodos experimentales y modelos de predicción de formación de las deformaciones plásticas. Si bien no incluye ningún desarrollo original, la calidad de la recopilación y de la exposición de los contenidos hacen de éste un documento de referencia.

<http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1194150/FULLTEXT02.pdf>



Informe : “Utilizing lab tests to predict asphalt concrete overlay performance”. Editado por Illinois Center for Transportation. 2017. 84 pp.

Se construyeron una serie de cinco proyectos experimentales y tres proyectos de demostración para comprender mejor el rendimiento de los refuerzos de pavimento utilizando varios niveles de reemplazo de ligantes bituminosos (ABR) de pavimento asfáltico recuperado (RAP), tejas de oxiasfalto recicladas (RAS) y hormigón triturado. El ABR varió de 15% a 60% en las secciones experimentales. El estudio de estos proyectos antes de la construcción, durante la construcción y durante un breve período de monitoreo después de la construcción, tiene por objeto determinar el impacto de varias condiciones de pavimento preexistentes, la sección transversal del pavimento, el diseño de la mezcla y las propiedades del material sobre el rendimiento final de la superposición de hormigón asfáltico (AC). Este informe final es el tercer informe sobre este proyecto de investigación. Dos informes provisionales que documentan la construcción del proyecto y el rendimiento hasta la fecha han sido publicados previamente. Este informe documenta las pruebas finales de materiales, la recopilación de datos de rendimiento de las encuestas de socorro y perfil después de la construcción. Este informe proporciona una compilación de hallazgos y recomendaciones de todas las etapas de estos proyectos. El conjunto de pruebas incluía ensayo Cantabro, estabilidad / flujo, Texas Overlay Tester, prueba del índice de flexibilidad de Illinois (I-FIT), fatiga, módulo, fluencia y rueda de Hamburgo. Se encontró que el rendimiento del pavimento, medido mediante la fisuración transversal, era más pronunciado en refuerzos delgados de AC que en refuerzos de AC gruesos. El índice de flexibilidad se correlacionó con la fisuración transversal y confirmó la validez del uso de este parámetro en el desarrollo del diseño de mezcla.

<https://apps.ict.illinois.edu/projects/getfile.asp?id=7394>

Informe : “Guidelines and Specifications for Microsurfacing. Research Report AP-R569-18”. Editado por Austroads. Mayo 2018. 43 pp.

La guía sobre microaglomerados en frío recoge la experiencia de los últimos 25 años en Australia en el uso de este tipo de material bituminoso.

Aunque el documento no recoge grandes novedades respecto al uso realizado en Europa, sí que presta atención a pequeños detalles en la ejecución de las obras y la estructura del documento podría ser utilizado en España como modelo.

<https://www.onlinepublications.austroads.com.au/items/AP-R569-18>



FABRICANTE Y DISTRIBUTOR DE EQUIPOS PARA INGENIERIA CIVIL

ANALIZADOR AUTOMÁTICO DE ASFALTO

El analizador asfáltico Infratest funciona como un sistema estanco (consumo de disolvente <20 ml por extracción) al contrario de los sistemas no estancos (consumo es > 500 ml por extracción.)!!!

BENEFICIOS

- Sistema estanco único
- Consumo y emisión de disolvente minimizado aprox. 1/10
- Extracción rápida – aprox. 35 min y comprende el secado
- Resultados reproducibles y asegurados
- Ambiente totalmente limpio

Programado para 3 disolventes:

- Tricloroetileno (Tri)
- Diclorometano
- Tetracloroetileno (Per)

Para la extracción

- Mezclas normales de carreteras
- Mezclas modificadas con goma
- Utilización con disolventes no inflamables



PAV - HORNO DE TRATAMIENTO DE ENVEJECIMIENTO
NORMAS EN 14769 • ASTM D652 • AASTHO R28



EQUIPO PARA ENVEJECIMIENTO DE PROBETAS ASFÁLTICAS (SATS)
NORMA 12697-45



RTFOT HORNO DE ENSAYO DE PELÍCULA DELGADA (ROLLING THIN FILM OVEN TEST)
Normas En 12607-1
ASTM D2872 • AASHTO T240



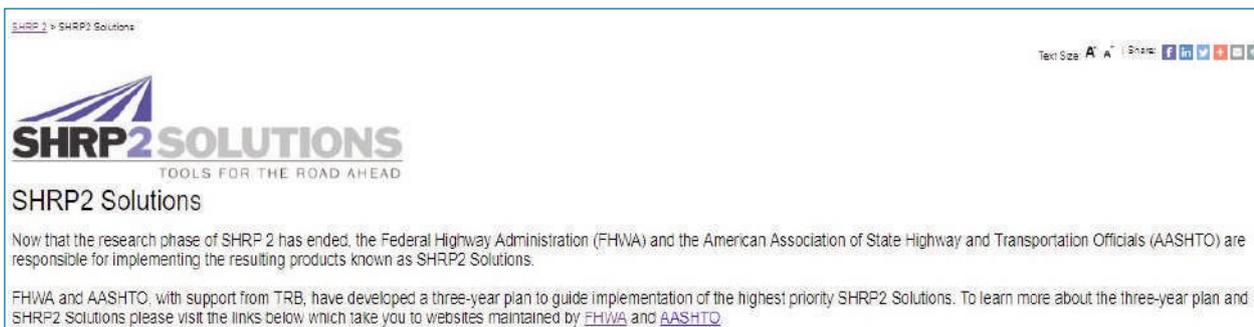
Mecánica Científica S.A. Fabricante de equipos para ensayos de:

- ARIDOS • SUELOS • CEMENTOS • AUSCULTACION DE FIRMES / VIAS • ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
- ROCAS • HORMIGONES • LIGANTES • MEZCLAS BITUMINOSAS

¡LIDER EN CALIDAD!

I+D+i. Proyectos destacados

SHRP2



El programa SHRP2 (second Strategic Highway Research Program 2006-2015) ya ha sido incluido en esta sección de proyectos de I+D+i. La razón por la que se ha vuelto a citar es que, tras finalizar la fase de I+D, en dicha iniciativa se ha añadido un programa de promoción de los desarrollos más relevantes obtenidos a lo largo del proyecto.

Tanto a través de la Federal Highway Administration como de AASHTO se están desarrollando actividades encaminadas a la promoción de la innovación, es decir, la llegada al

mercado del conocimiento ya generado.

En los siguientes enlaces se puede encontrar información de dichas actividades de promoción:

<http://shrp2.transportation.org/Pages/Default.aspx>

<https://www.fhwa.dot.gov/goshrp2>

Este enfoque es especialmente valioso, ya que las propias administraciones de carreteras lideran el proceso de innovación dando continuidad a la iniciativa de generación de conocimiento, que corresponde al concepto de I+D.





reforzamos el **firme**
consolidamos el **futuro**

CAPACIDADES
TÉCNICAS
de los SOCIOS
de ASEFMA

El concepto Asfalto 4.0 y la transformación digital del sector

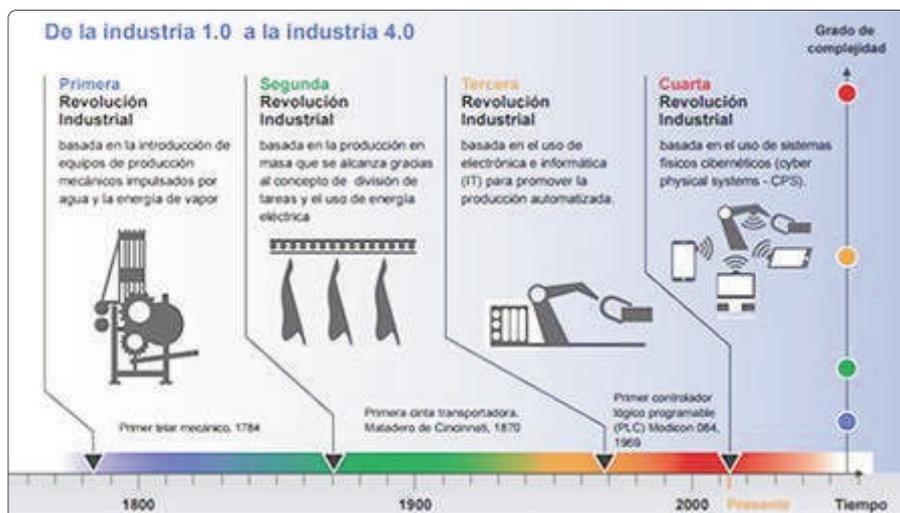
El concepto de Industria 4.0., también denominado cuarta revolución industrial, posiblemente nace en Alemania para describir la fábrica inteligente: una nueva manera de organizar los medios de producción haciendo un uso intensivo de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación más avanzadas, gracias a Internet. El objetivo de este concepto es desarrollar plantas industriales y generadores de energía, más inteligentes, más respetuosos con el medio ambiente, dotados de cadenas de producción mucho mejor comunicadas entre sí y entre éstas y los mercados de oferta y demanda [1].

El desarrollo de la industria 4.0 se basa en la introducción de las tecnologías digitales en las fábricas. Este proceso, de manera genérica, se denomina transformación digital. Dicho de forma llana y simple: la industria 4.0 consiste en la digitalización de los procesos productivos en las fábricas mediante sensores y sistemas de información para transformar los procesos productivos y hacerlos más eficientes. [2]

El concepto Construcción 4.0 ya se emplea desde hace unos años. A pesar de ello, la construcción es uno de los sectores menos evolucionados en la transformación digital, comparado con otros sectores como el turismo, el transporte, la agricultura, la producción industrial, la banca, la educación, el sistema sanitario, los medios de comunicación, etc.

En la **#XIII Jornada Asefma** se han mostrado y analizado algunas de las iniciativas de transformación digital que se están desarrollando en el mundo de la pavimentación. Desde la fase de proyecto y licitación, a la fase de fabricación, extendido y compactación, control de calidad y a la fase de explotación posterior. A todo ello, lo denominamos Asfalto 4.0

La Industria 4.0 pone encima de la mesa diferentes productos relacionados con el sector de la pavimentación como los firmes que se adaptan a las condiciones climáticas o adversas, la conducción autónoma que requerirá de un diseño específico de mezclas, las smart roads que demandaran un



La nueva industria 4.0 tiene varios ejes entorno a los que se articula y que el fabricante tendrá que trabajar para integrar en sus plantas de producción: Big data y análisis de datos, Cloud Computing, Ciberseguridad, Robótica, Internet de las cosas, Simulación y prototipado, Realidad aumentada, Cultura, Integración de procesos, etc. [2]

conocimiento exhaustivo de las mezclas, ...

Este nuevo concepto Asfalto 4.0, lo enfrentaremos a los desafíos que provienen de los nuevos vehículos de transporte de pasajeros y mercancías, a las nuevas orientaciones sobre la movilidad de nuestra sociedad y a las exigencias derivadas de los aspectos relativos al medio ambiente y a la sostenibilidad.

DESAFÍOS 4.0 EN EL SECTOR DE LA PAVIMENTACIÓN. VISIÓN ACTUAL Y DE FUTURO

Juan José Potti

@jjpotti



La carretera es una infraestructura que tradicionalmente ha adolecido de una cierta rigidez conceptual derivada de su propia naturaleza lineal. Pero, pese a esta apariencia de inmovilismo, lo cierto es que en el seno del sector viario se han generado numerosas innovaciones en cuanto a métodos constructivos, sensorización, gestión del tráfico, provisión de servicios de valor añadido, capacidad de control, etc... En este escenario, la carretera -un modo de transporte líder en la movilidad de viajeros y mercancías en España y en todo el mundo- no puede ni debe quedarse atrás en su proceso de modernización...[3] El desarrollo y las conclusiones de la XIII Jornada Nacional de Asefma permiten confirmar que el proceso de transformación digital del sector de la pavimentación ya ha comenzado (4) y seguro que detrás de este sector vendrán todas las actividades de la construcción.

[1] www.wikipedia.org

[2] www.papelesdeinteligencia.com

[3] www.laboratorioaec.com

[4] <http://www.itafec.com/news/detail/la-xiii-jornada-nacional-de-asefma-llega-a-medio-millón-de-usuarios-y-logra-ser-trending-topic-en-españa>

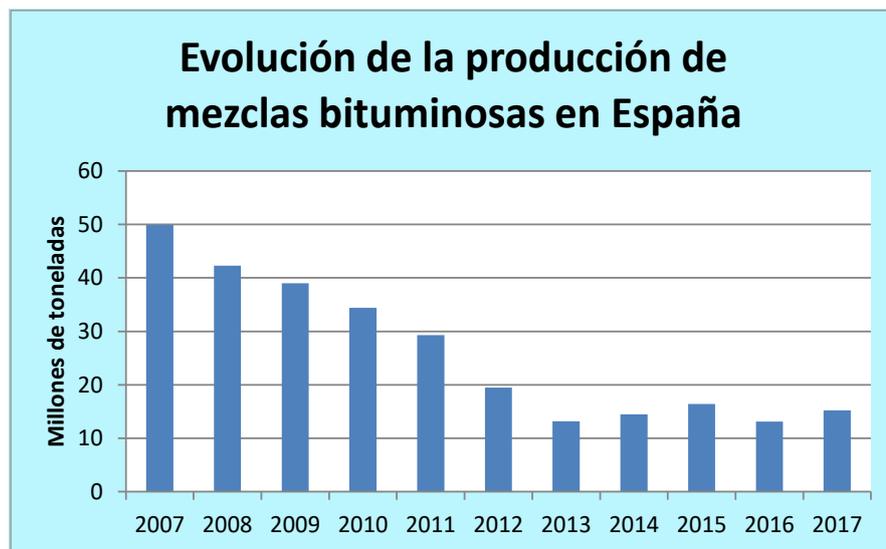
Observatorio del sector

Desde esta sección se irán incluyendo indicaciones que permitan obtener una radiografía del sector de la carretera, considerando datos de tipo económico. En esta ocasión reproducimos las estadísticas de Asefma correspondientes a la producción del año 2017.

El mercado español de mezclas bituminosas en el año 2017 ha tenido una ligera remontada (alrededor del 15% respecto a 2016) pero continua en una zona muy alejada de los consumos necesarios para el mantenimiento adecuado de la red viaria española que, recordemos, es la segunda en Europa en cuanto a longitud.

en las empresas del sector. Es muy reseñable la práctica desaparición de la actividad de fabricación de mezclas bituminosas en las grandes empresas del SEOPAN

- Análisis del tipo de actividad en España
 - o En el año 2017 el 75% de las mezclas bituminosas eran fabricadas para capa de rodadura y sólo un 6,43% para



- Además de esta cifra global cuantitativa se podrían destacar otros puntos de tipo cualitativo muy significativos:
- Clientes y distribución en España
 - o En la distribución clásica el mercado se dividía entre MFOM (35-40%), Comunidades Autónomas (25-30%), Administraciones locales (10-20%) y Clientes privados por debajo del 10% (quitando concesionarias). En este último año se estima que el MFOM es sólo el 30% y las administraciones locales más del 30%. Los privados superan el 10%. Muy baja actividad de las Comunidades Autónomas.
- Movimientos del sector a nivel empresarial en España
 - o Han seguido desapareciendo empresas de tradición en España y siguen presentes los Concursos de Acreedores

capas de base. Eso demuestra que no hay nada o casi nada de actividad de construcción u obra nueva y la mayor parte es rehabilitación superficial (pero sólo al nivel de la capa de rodadura)

- Tendencias en los tipos de mezclas bituminosas del sector
 - o En la capa de rodadura ya sólo el 80% es de mezcla convencional AC. Hay casi un 15% de mezcla tipo BBTM. Sigue creciendo el empleo de SMA: 2,12% en rodadura. Por primera vez se detectan más de 14.500 toneladas de SMA en capa intermedia. Este año ha arrancado con fuerza el empleo de las mezclas AUTL con más de 55.000 toneladas, lo que supone más de 1,4 millones de metros cuadrados de pavimento.
- Grandes cambios

o Se está iniciando un manifiesto en Asefma para el desarrollo de mezclas bituminosas a baja temperatura y empleo de mezclas bituminosas con RAP de manera más generalizada.

o Se está finalizando un nuevo pliego de obras de refuerzo de firmes.

- **Iniciativas**

o Se ha iniciado el empleo de la Compra Pública para la Innovación en algunas administraciones.

o El desarrollo de las mezclas AUTL es muy significativo en el 2017.

o SMA en capa intermedia.

- **Normativas**

o Se van a renovar la serie de normas 13108 este año.

o Asefma está desarrollando un documento para el IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) sobre el empleo de mezclas bituminosas.

- **Adquisiciones relevantes**

o Se ha instalado el año pasado una gran planta en el País Vasco para la fabricación de mezclas dotada de todas las nuevas posibilidades (RAP, asfalto fundido, espuma de

betún. etc..)

Próximamente se publicarán las cifras de otros países europeos, recogidas en el informe "Asphalt in Figures" que cada año edita EAPA (European Asphalt Pavement Association), lo que permitirá tener referencias adicionales de mercados próximos.

Un dato adicional que corrobora la falta de coherencia entre la producción de mezclas bituminosas y las necesidades reales de la red de carreteras españolas es el informe recientemente publicado "Necesidades de Inversión en Conservación", elaborado por la Asociación Española de la Carretera, y en el que se detalla que el déficit acumulado de conservación de los pavimentos hace que uno de cada trece kilómetros de la red de carreteras española presente deterioros relevantes en más del 50% de la superficie del pavimento, acumulando baches, roderas y grietas longitudinales y transversales.

Respecto al último informe realizado, el déficit en inversión en conservación de carreteras ha aumentado un 7%, siendo ahora necesarios más de 6500 millones de euros para poder poner a punto las infraestructuras viarias.

	EQUIPAMIENTO VIAL (SEÑALIZACIÓN VERTICAL, SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y BARRERAS METÁLICAS)		
	FIRMES		TOTAL
Déficit acumulado (millones de euros) en la Red de Carreteras del Estado (26.242 Km)	2.060	151	2.211
Déficit acumulado (millones de euros) en las redes de Comunidades Autónomas y Diputaciones Forales (75.546 km)	4.514	329	4.843
Total	6.574	480	7.054

www.itafec.com

Los tiempos están cambiando
Entra en la web y regístrate

Entra en la web y regístrate

Ya somos más de 5.000 usuarios registrados de itafec

¿Quieres ser **Produmer**?

En el mundo analógico se venden **Productos**, en el mundo digital se intenta crear un ecosistema con los clientes o **Customer**. En itafec queremos que nuestros usuarios se sientan **Produmer** y participen en la transformación digital, hazte usuario premium

Descubre los cambios de la web **muy pronto en itafec**



EVENTOS

RECURSOS

AUTORES

NOTICIAS

SOBRE NOSOTROS

FAQ



Motor de transformación
digital del sector

Motor de transformación digital

Podemos hacer crecer tu presencia en el mundo digital



Innovar está en nuestros genes

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

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



REPSOL

Inventemos el futuro