

ASFALTO

y pavimentación

Número 45 · Volumen XII · Segundo trimestre · 2022

número **45**





Soluciones Medioambientales

ADITIVOS PARA MEZCLAS SEMICALIENTES
AGENTES ANTIADHERENTES Y LIMPIADORES
RECICLADO DE PAVIMENTOS
LIMITADORES DE EMISIONES



Your road to Green solution





Número 45 · Volumen XII
Segundo trimestre · 2022

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,
María del Carmen Rubio,
Ángel Sampedro, José Antonio Soto,
Javier Loma, Marisol Barral

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 45 · Volumen XII · Segundo trimestre · 2022

Editorial

Una respuesta adecuada

05

Tribuna

Pepe Soto

07

Tribuna

José Luis Peña

09

Tribuna

Javier Loma - Marisol Barral

11

Diseño y ejecución de un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado en Uruguay

13

Faustina Keuliyán

Secciones fijas

Ensayos

27

Experiencia de Uso y Estudio del Comportamiento Mecánico de Mezcla con 100% RAP para operaciones de mantenimiento vial

31

Enrique Fernández - Fabián Molina - Alexis Hermosilla - Elsa Sanchez - Alejandra Calabi - Luis Mardones - Gonzalo Valdés

Secciones fijas

Normativa, Mirando al Pasado, Noticias del Sector, Calendario, Lecturas recomendadas, I+D, Digitalización del Sector, Observatorio de Mercado, Afirmaciones Asfálticas

45

SAVE THE DATE & CALL FOR PAPERS

**International
Conference on
Asphalt 4.0**

**20/21
September**

Asefma and ZAS, in collaboration with EAPA, are pleased to invite you to the “International Conference on Asphalt 4.0” (#ICA4point0) where the latest technologies related to digital transformation of the asphalt paving sector will be presented and analysed

 **MEETING PLACE**
Orense 34, Madrid

asefma@asefma.com.es

Organisers:



Združenje asfalterjev Slovenije
Slovenian Asphalt Pavement Association

**Supporting
organization:**



**Submission
deadline
will end on:**

July 31st

#ICA4point0

Una respuesta adecuada

Desde hace más de 10 años el sector de la pavimentación asfáltica ha estado viviendo en España unas circunstancias muy difíciles que han traído como consecuencia un descenso muy importante de la actividad, la desaparición de empresas y la pérdida de muchos puestos de trabajo. No es cuestión volver a describir aquí las causas y consecuencias por las que en el periodo 2007-2013 se pasó de una producción anual de mezcla bituminosa en España de casi 50 millones en 2007 a tan sólo 13,2 millones de toneladas en 2013.

Desde el año 2013 hasta ahora la producción anual de mezcla bituminosa en España se ha movido en una horquilla comprendida entre los 13,1 millones de toneladas de 2016 a los 18,8 millones de toneladas de 2019. Escaso, muy escaso todo para un país como España que es el segundo de mayor superficie en la Unión Europea tras Francia y que también es el segundo tras Francia en el tamaño de la longitud de su red de carreteras. Según cálculos de Asefma, la producción anual necesaria de mezcla bituminosa para conservar adecuadamente la red de carreteras de España debería ser de unos 30-32,5 millones de toneladas. Estamos muy lejos de esas cifras y por tanto acumulando déficit año tras año desde el año 2010, en conservación de nuestros firmes de carretera.

El año 2021, según los datos recientemente ofrecidos por las empresas fabricantes de España, ver observatorio del sector, se ha cerrado la producción anual con una cifra de 18.9 millones de toneladas de mezcla bituminosa. Sigue siendo escasa, lejos de esos necesarios 30-32,5 millones anuales, si bien representa la cifra más alta de producción desde el año 2012.

Las perspectivas para este año 2022 parecían buenas en cuanto a los proyectos a licitar en obras de refuerzo de firmes, según se pudo constatar en la Asamblea General de Asefma del 3 de febrero de 2022 o eso era lo que se pensaba en este sector pero la subida totalmente descontrolada, de precios de las materias primas y de la energía, entre otras cosas, ha puesto de nuevo contra las cuerdas las razones para un acercamiento a los niveles razonables de actividad. He-

mos pasado por una situación muy crítica en el mes de marzo de 2022. Las empresas valoraban muy seriamente renunciar masivamente a la firma en la adjudicación de las obras. Esas obras que tanto ha costado ver aparecer en los pliegos del BOE o en los boletines de las comunidades autónomas, diputaciones y ayuntamientos.

La primera propuesta, el Real Decreto-ley 3/2022, de 1 de marzo, era insuficiente, no resolvía los graves problemas provocados por la subida de precios de las materias primas y la energía y dibujaba un panorama sencillamente aterrador que podía llevar a una paralización inmediata de todas las obras de pavimentación y a sus gravísimas consecuencias.

Gracias a un trabajo enorme llevado a cabo por el MIT-MA durante ese mes de marzo con la colaboración de Asefma, entre otras asociaciones, se publicó también el Real Decreto-ley 6/2022 de 29 de marzo, ver la sección de noticias, que ha modificado la revisión excepcional de precios en los contratos públicos de obras publicada en el Real Decreto-ley 3/2022 de 1 de marzo para compensar la subida de los costes de materias primas, combustibles y otros derivados del petróleo que afectan al sector de la fabricación y extendido de mezclas asfálticas. No es cuestión aquí de valorar en detalle el contenido de ese Real Decreto-ley 6/2022 pero si es de justicia reconocer que ese enorme trabajo ha permitido al sector de la pavimentación poder seguir trabajando y desde luego poder afirmar que aunque queda mucho por hacer, por ejemplo, que los índices de revisión de precios del betún se actualicen mes a mes como otras materias primas, se han dado varios pasos en la dirección adecuada y es de justicia reconocerlo.



Nada se pierde todo se recicla.

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

Probisa
Abrimos paso a nuevas ideas

Unidos por el betún



En la XVI jornada de ASEFMA se entregaron, por primera vez, los premios a la Trayectoria Profesional a cinco magníficos profesionales, Francisco Royo, Vicente Vilanova, Ramón Magraner, Félix Pérez y Carlos Ortiz, que dedicaron, y aun dedican, la mayor parte de su vida laboral a la carretera. Fue uno de los momentos más emotivos de la Jornada.

Describir en un folio lo logrado por cada uno de ellos es tarea imposible, así que intentaré extraer, de lo que dijeron sus presentadores en la Jornada, lo más significativo.

Y no solo es por lo que han hecho cada uno en sus respectivas empresas, instituciones o universidades, sino por la estela que han dejado a las siguientes generaciones que les servirá de guía para su desarrollo profesional. Son, sin duda, faros direccionales del trabajo bien hecho.

Gran parte de lo conseguido por estos MAESTROS se ha debido al espíritu de colaboración desarrollando unas Sinergias en donde "el todo es más importante que la suma de sus partes", (pensamiento filosófico de la antigua Grecia), que se han traducido en unos logros excepcionales, y es que todos ellos, además de liderar grandes equipos, han colaborado con empresas, instituciones y universidades, apoyándose mutuamente para conseguir un fin común.

Expresar con palabras sus muchas virtudes resulta imposible aunque, a fuer de ser osado, destacaría su gran humanidad, han sido y siguen siendo grandes diseñadores técnicos, de sus equipos han salido grandes profesionales, han sido motores y líderes de sus respectivas empresas o instituciones, abiertos a las iniciativas de sus colaboradores, dando prioridad siempre a la labor de equipo, grandes gestores de ideas y empresas, algo aventureros, cercanos en el trato, compañeros antes que jefes, amigos de sus amigos y excelentes personas.

Pero si tuviéramos que destacar el nexo de unión entre ellos, el conglomerante que ha hecho posible esas sinergias solo se me ocurre, por encima del resto, uno y es el Betún. Alrededor del Betún, los cinco, de una forma u otra han desarrollado gran parte de su vida profesional, desde el diseño de maquinaria para su buen control, la puesta en marcha de nuevos ensayos que nos permiten elegir la mejor fórmula de trabajo, la gestión de empresas aplicadoras de las mezclas bituminosas o el buen hacer de la administración a la hora de prescribir normas. Todos ellos han contribuido a que el betún y sus derivados sean quienes marquen las pautas en el ámbito de la construcción y conservación de carreteras.

Es labor de las nuevas generaciones mirarse en el espejo de lo conseguido por estos grandes profesionales en las últimas décadas y, a ser posible, mejorarlo aportando nuevas ideas, desarrollando y profundizando en nuevos conceptos, de tal forma que las carreteras del futuro se construyan bajo el mínimo impacto ambiental, apoyadas en la Digitalización (Asfalto 4.0), la Economía Circular (Reutilización) y la Sostenibilidad (Pavimentos Asfálticos Sostenibles), conceptos todos ellos impulsados desde los diferentes grupos de trabajo que forman el Comité Técnico de ASEFMA.

Termino dando las gracias a los organizadores de la XVI Jornada de ASEFMA que nos han hecho recordar de dónde venimos en tecnología de carreteras, con la visión de los últimos 50 años y hacia dónde vamos en los próximos. Estoy seguro que muchos estaremos por aquí celebrando el 75 aniversario, eso sí...algo más mayores.



VIATOP[®] *plus RC*

Das Pellet.



con un rejuvenecedor
sostenible para mezclas con
mayores tasas de fresado

Sopa de letras medioambiental



Las temáticas medioambientales afectan de forma directa a gran parte de los sectores productivos de todos los países. La preocupación por el medio ambiente ha pasado de ser un asunto anecdótico, promovido por una minoría, a ser un elemento fundamental en la planificación estratégica de todos los países.

Europa se ha convertido en la zona geográfica que más fuertemente ha apostado en la lucha contra el cambio climático, marcándose como objetivo de neutralidad climática en 2050. Para alcanzar los objetivos establecidos en el Pacto Verde Europeo, la Comisión se ha comprometido a movilizar al menos un billón de euros en inversiones sostenibles durante el próximo decenio. Es evidente que la apuesta es realmente significativa, pero, además, dicho plan de financiación ha de ser complementado por los países de la UE involucrando a la mayoría de los sectores económicos.

Yendo aguas abajo, las medidas generales se deben concretar en acciones específicas y, lo que es más importante, que sean cuantificables. Si no existe un sistema de cuantificación de los impactos ambientales y de las mejoras producidas por las acciones correctoras que se decidan, nos podemos encontrar con un montón de buenas palabras sin respaldo práctico. El problema es que, en algunos casos, la no consecución de los objetivos (por ejemplo, la reducción de gases de efecto invernadero) puede aparejar importantes sanciones por parte de la Unión Europea.

Para aquellos no muy familiarizados con la terminología medioambiental, en esta tribuna se pretende facilitar una relación de los términos más importantes, identificando que implicaciones concretas puede tener para el sector de la pavimentación asfáltica.

La visión más amplia, desde un punto de vista medioam-

biental, la proporciona el análisis de ciclo de vida (ACV), que de forma resumida puede definirse como una metodología que permite calcular los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto o de una actividad.

El desarrollo de un ACV exige recoger datos de muy diversos tipos: consumos de materias primas, emisiones a la atmósfera o al agua, consumos energéticos etc. Esta fase de recogida de información es lo que se denomina inventario de ciclo de vida (ICV). Afortunadamente, gran parte de esta información se encuentra disponible en bases de datos especializadas, aunque en muchos casos hay que completarla con tomas de datos para el caso específico que sea objeto de estudio.

Para facilitar este trabajo, los expertos han generado diversas normas. De esta manera, disponemos de las normas de la serie ISO 14040, que se centran en el desarrollo de los ACV, pero también se han ido editando normas más específicas como es la ISO 15392:2019 "*Sustainability in buildings and civil engineering works — General principles*" o la norma UNE-EN 15643-5:2018 "*Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios y las obras de ingeniería civil. Parte 5: Marco de principios específicos y requisitos para las obras de ingeniería civil*".

La fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) busca evaluar la significancia potencial de los impactos basados en los resultados del ICV. Esta fase contiene habitualmente los siguientes elementos obligatorios:

- Selección de las categorías de impacto, los indicadores de categoría y los modelos de caracterización;
- Clasificación: asignación de resultados del ICV a las categorías de impacto seleccionadas; y

- Medición del impacto (caracterización): cálculo de los resultados de indicadores de categoría.

A modo de ejemplo, la categoría de impacto de “calentamiento global” tiene como indicador el “potencial de calentamiento global” que se expresa en la muy conocida unidad de kg CO₂eq

Dado que cada sector necesita información específica para poder organizar la información relativa a categorías de impactos, indicadores y su posterior evaluación, se han desarrollado un tipo de documentos denominados “reglas de categoría de producto” (RCP)”. Así, disponemos de la norma UNE-EN 15804:2012+A2:2020 “Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción”. Es más, está en proceso de preparación una regla de categoría de producto específica para las mezclas bituminosas.

A partir de las reglas de categoría de producto pueden elaborarse las conocidas declaraciones ambientales de producto (DAP), que proporcionan un perfil ambiental fiable, relevante, transparente, comparable y verificable, basado en información del ciclo de vida (ACV) conforme a normas internacionales y datos ambientales cuantificados.

Estas DAP son las que habitualmente se utilizan como elemento de comparación y evaluación en licitaciones, proyectos y otros tipos de estudios ambientales. Su gran ventaja es que, al estar la información estructurada en conceptos estandarizados, una evaluación ambiental de más ámbito (por ejemplo, el de la rehabilitación de una carretera) tan solo tendría que hacer un “sumatorio” de las DAP de los elementos incluidos en el ámbito de estudio.

Como resumen, las cuestiones ambientales deben ser tenidas en cuenta en el sector de la pavimentación asfáltica como una herramienta básica en un futuro próximo. El conocimiento detallado de los impactos ambientales que genera cada elemento de la actividad industrial puede ser también visto como un método de mejora interna continua que iría implícito en el objetivo global de mejora del medioambiente de nuestro planeta.

#99

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

Nuestra aportación a la revista Asfalto y Pavimentación



¡Ya son 45 números! Asfalto y pavimentación es, por méritos propios, la revista de referencia específica del sector de la pavimentación con mezclas bituminosas en nuestro país y además con una gran presencia e impacto a nivel internacional, sobre todo en Latinoamérica por el idioma en común.

Es muy accesible y se puede obtener de forma gratuita en formato papel o digital, en este último caso se puede realizar la descarga on line por el propio usuario sin ningún coste desde la página web de Asefma.

Presenta una estructura variada y con algunas secciones fijas, todas ellas con contenidos de actualidad y de sumo interés para el sector. Las secciones fijas abordan temáticas del presente, como son los ensayos de materiales, la actualización de la normativa y/o la legislación, la sección del pasado denominada "mirando al pasado", y también del futuro con los próximos eventos; congresos y jornadas técnicas sectoriales.

Además, promueve la investigación y la innovación publicando artículos de proyectos de todas las partes del mundo, incluso en algunas ocasiones en otro idioma como el inglés, permitiendo participar a todos los técnicos de cualquier organización, tanto privada como pública, ofreciendo diferentes puntos de vista sobre distintas temáticas siempre de actualidad e interés para el sector de la pavimentación asfáltica.

En resumen, es una revista de fácil lectura y de gran interés sectorial para cualquier tipo de consulta, cuyo seguimiento permite estar al día técnicamente y tener una visión general de los avances en el sector especialmente dentro de nuestro país pero también fuera.

Desde hace unos años ya venimos colaborando en alguna sección fija y/o presentando artículos técnicos de ensayos de laboratorio o mezclas bituminosas desarrollados en nuestras organizaciones, pero en el mes de marzo del presente año recibimos la invitación para participar en el Comité de redacción de la revista ASFALTO Y PAVIMENTACION. Pasamos de la sorpresa a la ilusión, del cansancio por la carga diaria de trabajo a la motivación por poder participar de forma activa y aportar nuestro granito de arena en los trabajos a realizar para que cada trimestre se publique un nuevo número de la revista.

Es para nosotros dos un verdadero placer poder colaborar en esta prestigiosa revista que consideramos el verdadero motor de la comunicación técnica en nuestro sector en lo referente a las mezclas bituminosas, perteneciendo al Comité de redacción de la revista, tarea en la que vamos a trabajar aportando nuestra experiencia en el sector y poniendo toda nuestras ganas e ilusión.

Para terminar, queremos agradecer a las personas que han hecho posible nuestra incorporación al comité de redacción de la revista por su confianza y esperamos aportar en este tiempo todo nuestro esfuerzo y conocimientos para mantener el excelente nivel alcanzado por la revista. Gracias a todos Juanjo, Marimar, Andrés, Jacinto, Jose Luis, Pepe, Lucia, Mayka y Angel, y también como no a Andres, Francisco y Lies, muchísimas gracias.



BATIMAT

Conecta los profesionales a la innovación

2022

Horizonte 2030,
**todo un mundo
a construir.**

- + Preservar el clima y el medioambiente, nuestra responsabilidad
- + Transformar los métodos, nuestra ambición
- + Vivir bien en la ciudad 2050, nuestro proyecto
- + Poner en valor las profesiones, nuestra prioridad

Expositores, programas, acreditaciones, informaciones prácticas en
batimat.com

Promoción visitantes :

Servicom C&M
servicom@servicomconsulting.com

Built by
RX In the business of
building businesses

BATIMAT le
IDÉOBAIN mondial
INTERCLIMA du bâtiment

Lunes Jueves

3 > 6 octobre
Paris Porte de Versailles



NUEVO
EMPLAZAMIENTO !



BATIMAT

Solicite su **acreditación gratuita** con este código : **BMI22PROSA** en batimat.com*

*Regístrese en la web www.batimat.com y clique en "Mi acreditación"

Diseño y ejecución de un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado en Uruguay

Faustina Keuliyán,
faustinakeuliyán@serviam.com.uy

El reciclado de pavimentos in situ mediante el estabilizado con asfalto espumado se implementó como solución para la rehabilitación de pavimentos en Uruguay, logrando la construcción de pavimentos duraderos y sostenibles, aprovechando gran parte del paquete estructural existente. El presente trabajo describe un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado, desde los estudios previos y el correspondiente diseño resultante, hasta su ejecución y posterior evaluación de desempeño.

Palabras Clave: Asfalto espumado, estabilizado con ligantes asfálticos, reciclado in situ de pavimentos.

Cold recycling technologies, particularly stabilization with foamed bitumen have become attractive solutions for pavement rehabilitation in Uruguay, providing durable, sustainable pavements, allowing for the use of almost all of the existing structure. The following article describes a foamed bitumen stabilization project carried out in Uruguay, covering from material classification and mix design procedures, to the construction stage and finally an evaluation of the pavement performance.

Keywords: Bitumen stabilized materials, foamed bitumen, in situ pavement recycling.

1. INTRODUCCIÓN

La tendencia global en términos de infraestructura vial parece indicar que hay una creciente necesidad de rehabilitación y mantenimiento de pavimentos, por encima de la construcción de nuevas estructuras y consecuente expansión de las redes viales.

Particularmente, Uruguay cuenta con una red vial Nacional de 8.781 km de longitud, y si se tiene en cuenta su superficie la densidad de esta red es comparable con países de Europa Oriental o Nueva Zelanda. Si bien la cobertura de la red vial parece ser adecuada, Uruguay ha visto un drástico incremento en las cargas que circulan por sus rutas, como se muestra en la Figura 1, y esto ha resultado en un grave deterioro del estado de los pavimentos ya que las tareas de rehabilitación no han acompañado estos cambios tan acelerados.

En este sentido, los materiales estabilizados en frío con ligantes asfálticos, ya sea empleando emulsiones o asfalto es-

pumado, han tomado protagonismo como solución para la rehabilitación de carreteras ya que se trata de una técnica que permite trabajar con diversidad de materiales existentes y otorga apreciables mejoras en su desempeño en servicio.

Asimismo, el desarrollo de tecnología que permite el reciclado in situ de pavimentos ha impulsado el estabilizado con asfalto, ya que el aprovechamiento de los materiales existentes implica considerables ventajas medioambientales y económicas.

Frente a la necesidad de intervenciones en mantenimiento en la red vial uruguaya, se proyectó la rehabilitación de un corredor internacional mediante la técnica de reciclado in situ con asfalto espumado, que implicó el estabilizado de la capa de base de forma de cumplir con los exigentes requisitos del tránsito para un horizonte de diseño de diez años.

El objetivo del presente trabajo es detallar el proceso de diseño para la rehabilitación de una ruta existente mediante la técnica del estabilizado con asfalto espumado, recorriendo des-

Diseño y ejecución de un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado en Uruguay

de los estudios previos en el tramo a rehabilitar hasta la obtención del diseño final, y su correspondiente ejecución.

Mientras esta espuma es estable, el asfalto estará en un estado de baja viscosidad, lo que le permite ser mezclado con los ma-

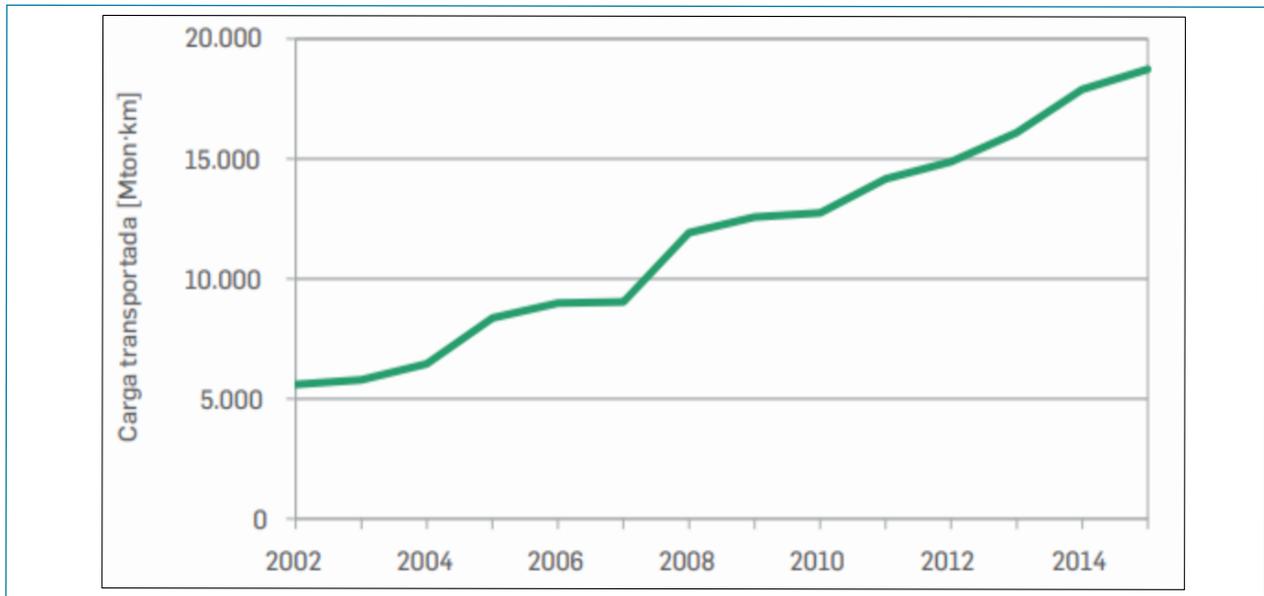


Figura 1. Evolución de la carga transportada por la red vial uruguaya [1]

2. MATERIALES ESTABILIZADOS CON ASFALTO

El uso de asfalto como agente estabilizador requiere de una reducción considerable en su viscosidad para otorgarle trabajabilidad a temperatura ambiente. Esto se puede lograr de dos maneras: utilizándolo como emulsión asfáltica o generando espuma de asfalto a partir de su interacción a altas temperaturas con agua, lo que genera un estado temporal de baja viscosidad, mientras la espuma es estable.

El comportamiento de los materiales es comparable para ambos estabilizadores, aunque presentan algunas diferencias puntuales. En este caso se decidió trabajar con asfalto espumado, para evitar trabajar con los elevados porcentajes de agua presentes en las emulsiones, que dificultarían el curado de la capa construida y su desarrollo de resistencia, de acuerdo al clima que presenta la región de trabajo.

2.1 Asfalto espumado

La espuma de asfalto se logra mediante la inyección de agua dentro de una cámara de expansión, donde entra en contacto con asfalto a alta temperatura y como resultado de esta interacción el agua se transforma instantáneamente en vapor, que queda encapsulado en pequeñas burbujas de asfalto.

teriales granulares que se encontrarán a temperatura ambiente.

Durante el proceso de mezclado las burbujas de asfalto comienzan a romperse, convirtiéndose en pequeñas gotas que se adhieren a las partículas finas presentes en los materiales a estabilizar, y esta es la característica que definirá el comportamiento futuro del material estabilizado. Las partículas de asfalto dispersas a través de los finos actúan como puntos de contacto entre las partículas más gruesas, lo que genera un considerable aumento en la cohesión del material. La fricción interna, por depender principalmente del esqueleto granular dado por la fracción gruesa de los materiales, se mantiene casi inalterada.

Además del aumento de cohesión, estas partículas de asfalto tienen un efecto de encapsulamiento e inmovilización de los finos presentes en el material, lo que resulta en una mejora en la durabilidad y la susceptibilidad frente a la humedad, con respecto al material sin tratar [2].

Si bien la estabilización con asfalto genera mejoras en el comportamiento de los materiales existentes, éstos, una vez estabilizados, mantienen su carácter de granular no ligado, por lo que su mecanismo de falla será la acumulación de deformaciones permanentes inducidas por las cargas del tránsito. En este sentido, el estado último de deformación estará influido

por el grado de compactación alcanzado in situ, por el agregado de filler a utilizar - que favorece la cohesión – y por el porcentaje de asfalto a agregar, dos factores que se lograrán verificar en laboratorio.

3. PROYECTO DE ReCICLADO IN SITU

3.1 Definición del proyecto

Se seleccionó el reciclado in situ con asfalto espumado como solución para la rehabilitación de un tramo perteneciente a un corredor internacional que une Uruguay con Argentina, fundamental en el transporte de producción nacional como madera, ganado y cultivos agrícolas. En este sentido se verá una exigencia importante en el tránsito de diseño, teniendo en cuenta la magnitud de las cargas que circularán por el tramo en el período de diseño de 10 años.

Se trata de un pavimento flexible, con capa de rodadura de mezcla asfáltica altamente fisurada que ha tenido diversas intervenciones de mantenimiento, de distinta magnitud y calidad, tal como ilustra la Figura 2.



Figura 2. Estado previo del pavimento a rehabilitar

3.2 Tránsito de diseño

La Tabla 1 resume el cálculo de tránsito de diseño, que se obtuvo a partir de datos de puestos de conteo presentes en el corredor de estudio. Como no se contó con datos de pesaje para dicho tramo, las cargas se determinaron con datos pertenecientes a un corredor cuyas cargas y volúmenes son comparables.

El tránsito promedio diario anual (TPDA) es de 1476 vehículos y se adoptó una tasa de crecimiento del 3% anual, para un horizonte de 10 años. Se proyectó un escenario en que el 50% de los vehículos pesados llevan su carga máxima y el 50% lleva su carga mínima.

De acuerdo al manual sudafricano *Technical Guideline: Bitumen stabilised materials* (TG2) [2] los materiales estabilizados con asfalto se definen como BSM1 (por su sigla en inglés bitumen stabilised materials) para tránsitos de diseño mayores a 6 millones de ejes equivalentes, típicamente obtenido a partir del estabilizado de piedra partida y RAP, y BSM2, capaz de llevar tránsitos de entre 3 y 6 millones de ejes equivalentes, y se puede lograr a partir del estabilizado de materiales granulares y

Diseño y ejecución de un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado en Uruguay

Tabla 1. Cálculo de tránsito de diseño

Parámetro	Vehículos pesados cortos	Vehículos pesados medianos	Vehículos pesados largos
TPDA por carril	12	97	223
Factor de equivalencia de carga mínimo	0.05	0.11	0.09
Factor de equivalencia de carga máximo	1.8	6.9	7.1
Ejes equivalentes diarios por carril	10	339	796
Tránsito de diseño para 10 años	5.24 x 10 ⁶ ejes equivalentes		

RAP.

El proyecto de rehabilitación, por el tipo de tramo en consideración y por el tránsito de diseño, se proyectará de acuerdo a las especificaciones establecidas para un material de tipo BSM2.

3.3 Ensayos previos

Por tratarse de un reciclado, será fundamental realizar con un alto grado de detalle una caracterización previa tanto del paquete estructural como de las propiedades de los materiales existentes. En este caso los estudios previos incluyeron:

- Un cateo por kilómetro, hasta una profundidad de 30 cm para conocer el posible horizonte de reciclado y

el espesor existente de mezcla asfáltica. Es importante comentar que, para lograr una adecuada eficiencia en la compactación, no se trabaja con reciclados superiores a 25 cm.

- Calicatas de espesor completo, para determinar espesores existentes y caracterizar las distintas capas del paquete estructural. Para esto se extraen muestras de cada una y se determina: humedad existente, granulometría, límites de Atterberg y humedad óptima, incluso para la capa de subrasante. En cada calicata se realizó un ensayo de cono dinámico de penetración (DCP, por su sigla en inglés) que posteriormente se correlacionó con valores de CBR.

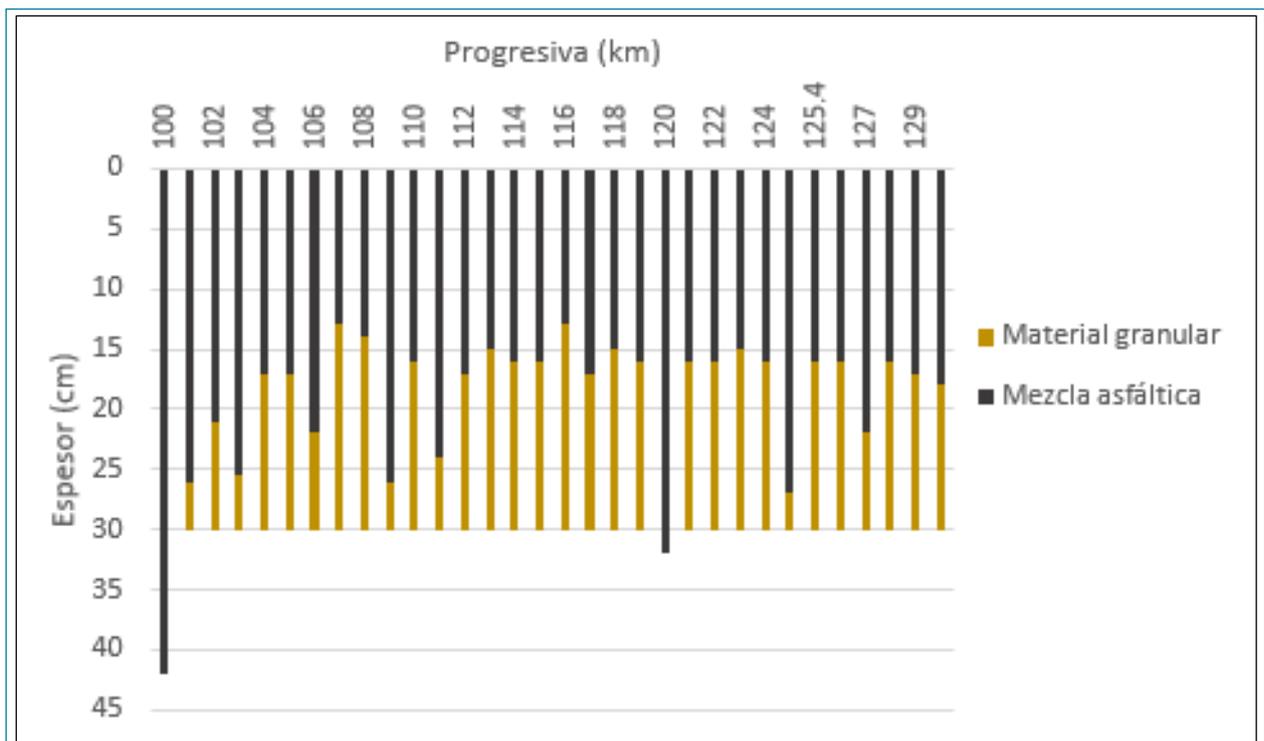


Figura 3. Espesores de mezcla asfáltica existente

Tabla 2. CBR obtenido por correlación para horizontes de 15 cm

Estadística	Profundidad de la capa (cm)					
	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-100
Promedio (%)	108	118	112	75	35	15
Percentil 90 (%)	174	186	216	199	85	19

- Ensayos DCP cada 500 metros, para densificar la información obtenida en cuanto a espesores, y posteriormente correlacionar los valores de penetración con resultados de CBR.

Se resumen algunos de los resultados obtenidos en la Figura 3 y en la Tabla 2.

A partir de lo anterior, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se cuenta con un espesor promedio de mezcla asfáltica de 19 cm, que para el primer kilómetro aumenta considerablemente, alcanzando espesores de entre 42 y 47 cm. Esto se tratará de manera diferencial al momento de la ejecución.
- Los valores de CBR obtenidos para la subrasante por correlación con DCP son del orden de 15%. En este sentido se puede afirmar que al momento de realizar los ensayos la subrasante se encuentra en un estado seco, que le otorga un alto grado de consolidación que hace que al correlacionar el índice de penetración con el CBR se obtenga un valor elevado. Consideran-

do las calicatas, donde se caracterizó a la subrasante como un material limoso a arcilloso, con coeficientes de expansión que pueden alcanzar hasta 2,7; se trabajará con valores más conservadores para la capacidad soporte de la subrasante.

3.4 Deflexiones

Se cuenta con mediciones de deflexiones en el carril hacia el Norte, que se considera el de diseño por ser el más cargado. Mediante la metodología AASHTO se determinaron tramos homogéneos, como muestra la Figura 4, para estudiar posibles soluciones diferenciales tramo a tramo.

La metodología sudafricana usa valores de referencia para evaluar las deflexiones medidas y así determinar la condición estructural del pavimento de estudio [3]. La Figura 5 muestra, considerando los cuatro tramos homogéneos, las deflexiones máximas obtenidas y la correspondiente comparación con los valores de referencia, que se indican en la Tabla 3.

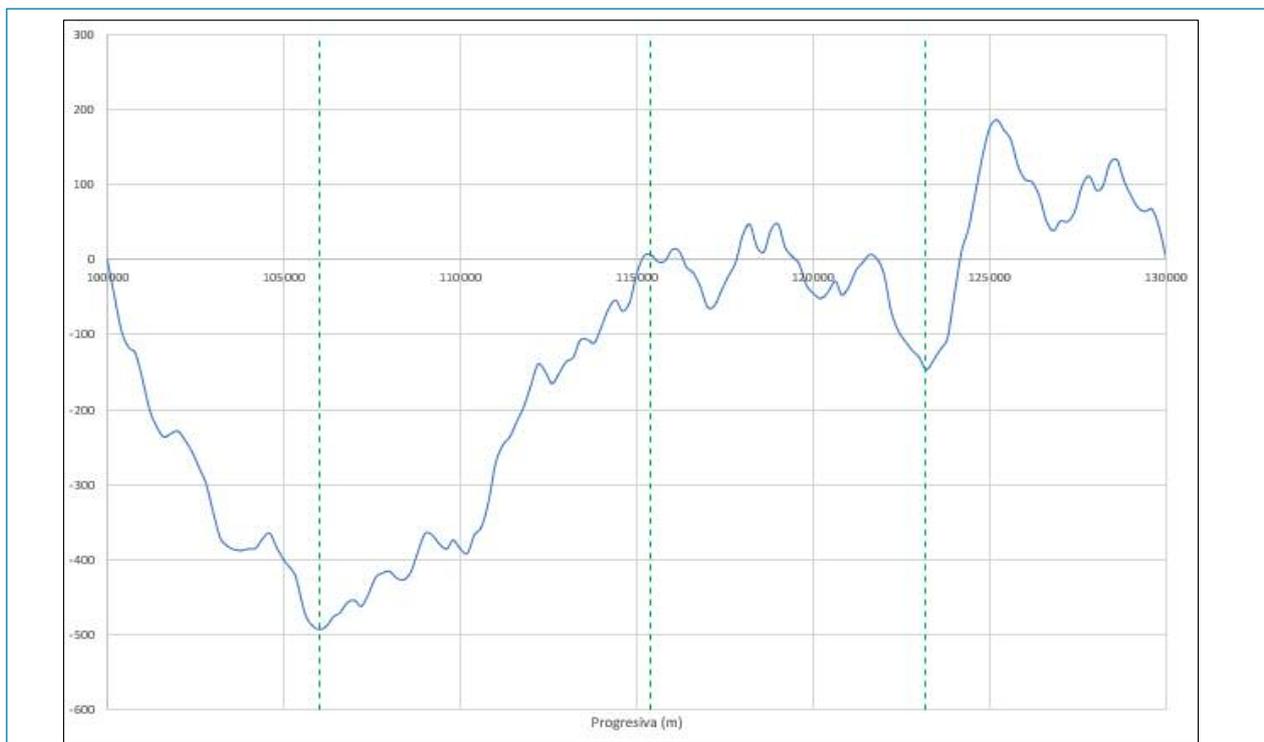


Figura 4. Definición de tramos homogéneos

Diseño y ejecución de un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado en Uruguay

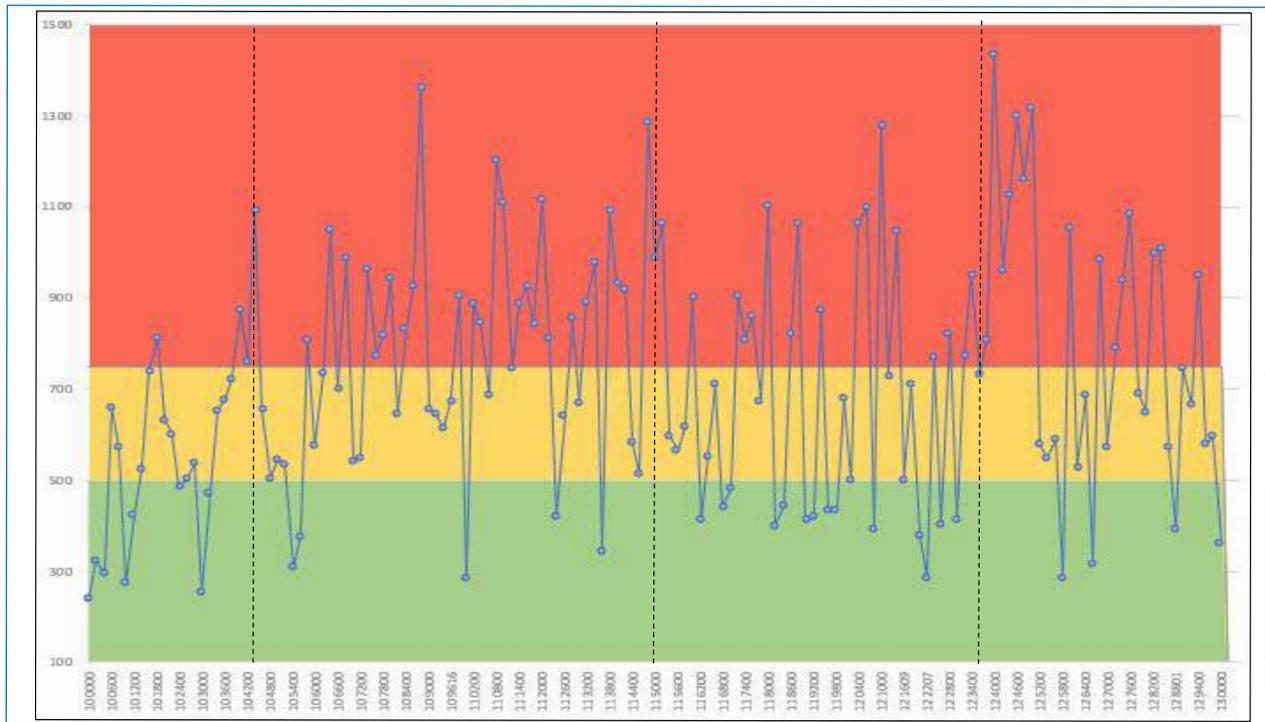


Figura 5. Evaluación de deflexiones máximas

Tabla 3. Evaluación de condición estructural del pavimento

Material de base	Condición estructural	Deflexión máxima medida (µm)
Base de material granular	Adecuada	<500
	En riesgo	500-750
	Deficiente	>750

A partir de lo anterior se puede concluir que la mejor condición estructural está presente en la Sección 1, lo que es coincidente con el elevado espesor de mezcla asfáltica constatado en los estudios previos. Sin embargo, todas las secciones restantes presentan valores de deflexiones cercanos o por encima de 500 µm, que indica una condición estructural que va de “en riesgo” a “deficiente”.

El estado previo de las cuatro secciones es similar, por lo que se decide adoptar una única solución de rehabilitación para todo el tramo. Se tratará los elevados espesores de mezcla asfáltica presentes en el primer kilómetro de manera diferen-

cial por aspectos constructivos y de aptitud del material, que se comentarán más adelante.

4. DISEÑO PROPUESTO

De acuerdo a la calidad de los materiales existentes y los requisitos estructurales del proyecto se propusieron tres alternativas para el diseño del reciclado, resumidos en la Tabla 4, que se llevan a laboratorio para ensayar y determinar su aptitud como material de tipo BSM2.

Se estudió, por otro lado, el denominado diseño 3, para el

Tabla 4. Diseños propuestos para reciclado

Diseños	RAP	Material granular existente	Material granular de aporte	Polvo de trituración	Piedra partida (5-14mm)
1	68%	12%	20%		
2	85%	15%			AC16 (+0,2% BECSA-ASF#01)
4	68%	12%		10%	10%

estabilizado del material presente en banquina (100% granular). Este estudio fue a modo de verificación, ya que se adoptaría para las banquetas igual solución que lo proyectado para la calzada.

Para cada diseño se siguió una metodología de trabajo en laboratorio de forma de optimizar cada uno de los componentes presentes en el estabilizado, que se detallará en las secciones a continuación.

4.1 Materiales granulares

Una de las mayores ventajas que ofrecen los estabilizados con asfalto, principalmente para proyectos de reciclado, es que permiten trabajar con diversos materiales, desde granulares, piedra triturada, RAP e incluso materiales previamente estabilizados, con cemento Portland, por ejemplo.

Sin embargo, existen requisitos de granulometría y plasticidad que hay que considerar. En este sentido se deberá trabajar con materiales base con índices de plasticidad inferiores a 10, que se podrán estabilizar con cal en caso contrario, y se deberá prestar especial atención al porcentaje de finos (partículas menores a 0.075mm). Los finos presentes en el material favorecen la dispersión de las gotas de asfalto, por lo que son un importante requisito para lograr buenos valores finales de cohesión. Sin embargo, porcentajes elevados de finos demandarán contenidos de asfalto mayores, por tener mayor superficie es-

pecífica.

Las Figura 6 muestra las granulometrías de los tres diseños a estudiar, enmarcados en la granulometría sugerida por el TG2 [2].

4.2 Tipo de asfalto

Para la estabilización de materiales se utilizan asfaltos convencionales, preferiblemente con penetraciones entre 80 y 100 dmm. Asfaltos más duros producirán espumas de peor calidad, de las que se puede esperar una peor dispersión. Sin embargo, al no contar en Uruguay con asfaltos en ese rango de penetraciones, se trabajó con asfalto tipo AC-20, cuya penetración fue considerablemente menor, ubicándose entre 40 y 55 dmm.

4.3 Adición de filler

Se utiliza cemento Portland en dosis no mayores a 1% en peso de material seco, para favorecer la adhesividad del asfalto a los materiales granulares y para mejorar la dispersión de la espuma.

4.4 Porcentaje óptimo de asfalto

Para la determinación del porcentaje óptimo de espuma de asfalto se recurre al ensayo mecánico de resistencia a la trac-

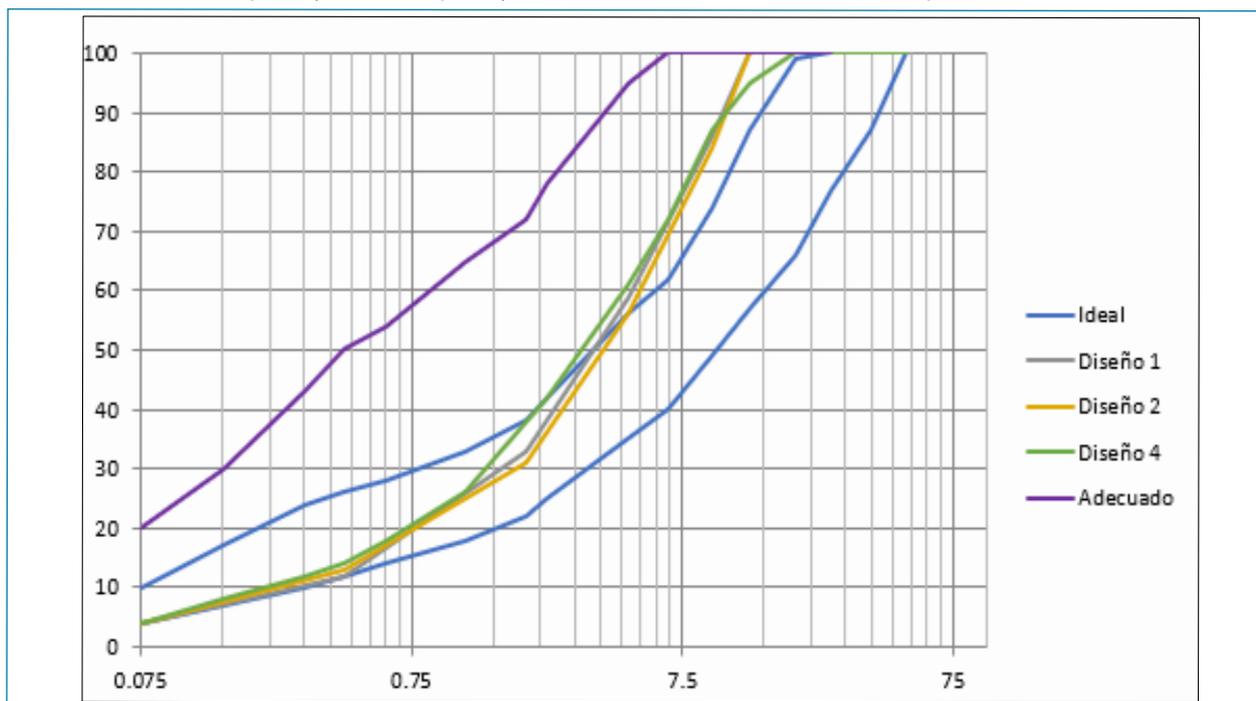


Figura 6. Granulometrías de materiales a utilizar

Diseño y ejecución de un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado en Uruguay

ción indirecta (ITS por su sigla en inglés, indirect tensile strength). Para los tres diseños propuestos, y considerando el agregado de 1% de cemento Portland, se moldean probetas para dosis de asfalto de 1.8%, 2.0% y 2.2% en peso de material seco, que se ensayan en condición seca y saturada.

La elaboración de probetas supone el mezclado del material con la espuma de asfalto logrando su homogeneidad y correcto estabilizado, su posterior compactación y curado hasta llegar a las condiciones de humedad requeridas por el ensayo.

Se usa una unidad de espumado de laboratorio que cuenta con una cámara de expansión, como se muestra en la Figura 7, en conjunto con un mezclador de paletas, para estabilizar y mezclar el material y así replicar el trabajo de la recicladora in situ. Durante el mezclado se trabaja con un contenido de humedad del orden de 70-80% de la humedad óptima del material previo a su estabilizado.

el método AASHTO modificado. Por su parte, la compactación de probetas se realiza con el porcentaje de humedad óptima.

Las probetas correctamente compactadas se someten a un proceso controlado de curado, de forma tal que comiencen a perder humedad paulatinamente en tanto desarrollan su resistencia inicial. Se seca en horno a 40°C durante 72 horas, verificando el peso constante y se llevan a ensayar la mitad de las probetas secas, como muestra la Figura 8. Las restantes se llevan a condición saturada mediante la sumersión en un baño a 25°C durante 24 horas. El control de las temperaturas será importante en tanto afecta el comportamiento del asfalto presente en las probetas.

De acuerdo a los resultados obtenidos y la especificación para BSM2, detallados en la Tabla 5, se define el óptimo de asfalto en 2% ya que tanto los valores secos como saturados cumplen con los requisitos de diseño. Se descarta el 1,8% por



Figura 7. Unidad de espumado de laboratorio [4]

A continuación, se procede a la compactación de las probetas, que se realiza con un martillo vibratorio para replicar las energías de compactación alcanzables en obra, teniendo como densidad objetivo el peso específico seco máximo, según

el riesgo que presenta trabajar con caudales tan bajos, ya que impide alcanzar presiones adecuadas para lograr una buena atomización de la espuma.



Figura 8. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta

Tabla 5. Resultados de ensayo de tracción indirecta (ITS)

Diseño	% asfalto	% filler	ITSseca (kPa)	BSM2 (kPa)	ITSsat (kPa)	BSM2 (kPa)
1	2	1	276	175-225	193	75-100
	2.2	1	218	175-225	142	75-100
2	2	1	216	175-225	161	75-100
	2.2	1	181	175-225	142	75-100
4	2	1	166	175-225	125	75-100
	2.2	1	166	175-225	132	75-100

4.5 Ensayo triaxial

Una vez definido el porcentaje óptimo de asfalto en 2%, se selecciona el diseño final sometiendo a cada una de las mezclas al ensayo triaxial tanto seco como saturado. De este ensayo se obtienen las propiedades de cohesión y fricción interna que definen al material estabilizado, y de su condición saturada se tiene un mejor conocimiento de su susceptibilidad frente a la humedad.

Las condiciones de humedad de trabajo se mantienen tanto para el mezclado como para la compactación, cuya metodología únicamente cambia en el número de capas que se compactan, ya que estas probetas son de 30 cm de altura, como muestra la Figura 9.

Se resumen los resultados obtenidos para el ensayo triaxial en la

Tabla 6, donde a su vez se detallan las especificaciones para los materiales tipo BSM2.

4.6 Selección del diseño final

Los resultados obtenidos en el ensayo triaxial indican que la totalidad de los diseños propuestos cumplen con las especificaciones para BSM2. Se observa, adicionalmente, que la cohesión retenida supera lo indicado para BSM2, y por lo tanto el material tendrá un excelente comportamiento frente a la acción de la humedad, resultando en mayor durabilidad.

Teniendo en cuenta que el Diseño 2 implica el aprovechamiento total de los materiales existentes, se opta por esta mezcla para la eje-

Diseño y ejecución de un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado en Uruguay

cución del reciclado in situ. Se efectúa, con los parámetros de cohesión y fricción interna obtenidos a partir del ensayo triaxial, un cálculo estructural según la metodología sudafricana para la determinación del espesor de reciclado, que según la estructura resultante y el tránsito de diseño resulta de 25 cm. Como capa de rodadura se colocará mezcla asfáltica convencional de 4 cm de espesor, a la que no se adjudica aporte estructural, sino que únicamente tiene aporte funcional.

Algunos comentarios adicionales que se agregan a la solución fi-



Figura 9. Ensayo triaxial sin confinamiento

nal incluyen:

- El grado de fisuración existente, en forma de bloque, presenta una desventaja constructiva ya que con el paso de la recicladora estos bloques se desprenden intactos, perjudicando la granulometría obtenida. Además, la proporción de mezcla frente a materiales granulares implica un horizonte de trabajo muy exigente para la recicladora y dificultará las presiones de inyección de la espuma. Ante esto, se realiza un fresa- do previo de la totalidad del tramo.
- Se requiere un aporte de 8 cm de material granular en el primer kilómetro, donde se encuentran eleva- dos espesores de mezcla asfáltica, para garantizar el aporte de finos necesario y por ende una buena co- hesión interna
- Por el alto grado de bacheo que presenta el tramo, con mezclas de espesores y calidades variables, se presta especial atención a estos casos ya que el asfal- to, por su elasticidad, presentará problemas para compactar y generará heterogeneidades en el mate- rial a tratar. Se considera sustitución del material en casos particulares.

5. EJECUCIÓN DE PROYECTO

Se completó el reciclado del tramo completo en calzada y ban- quina en dos etapas, ya que se exigió una temperatura de trabajo para el material in situ mayor de 15°C ya que bajas temperaturas perjudican la calidad de la espuma y la homogeneidad de la mezcla.

Además de las temperaturas, otro aspecto constructivo a tener en cuenta es la calidad y eficiencia de la compactación, no solo por tratarse de una base granular, cuya densidad alcanzada será funda- mental en su desempeño en servicio, sino por trabajar con un espesor de 25 cm. En este aspecto se contó en obra con un exigente control de calidad que implicó la realización de al menos dos ensayos Proctor modificado diarios y la medición diaria de densidades mediante den- símetro nuclear.

La ejecución de un ancho de 4.50 m por carril, como es el caso

Tabla 6. Resultados de ensayo triaxial

Diseño	Cohesión (kPa)	BSM2 (kPa)	Fricción interna (°)	BSM2 (°)	Cohesión retenida (%)	BSM2 (%)
1	228	100-250	35.4	30-40	92	60-75
2	233	100-250	33.4	30-40	86	60-75
4	299	100-250	34.1	30-40	184	60-75

de estudio, implicó el trazado de un cuidadoso plan de trabajo, para asegurar una adecuada distribución de los materiales, optimizando las pasadas de cada uno de los equipos (esparcidora de cemento portland, recicladora y maquinaria de compactación) y garantizando un adecuado solape entre cortes, sin exceder la superposición del estabilizado, ya que el exceso de cemento podría dar problemas. La Figura 10 ilustra el tren de reciclado que permite la correcta ejecución del estabilizado in situ, teniendo posteriormente etapas de perfilado y compactación, para lograr las pendientes transversales adecuadas para la capa de base, pero con especial énfasis en la compactación, para garantizar los valores finales de resistencia alcanzados a nivel de laboratorio.



Figura 10 Tren de reciclado in situ

El control de las humedades de trabajo se encuentra estrechamente ligado con las densidades alcanzadas y a su vez con la calidad de la estabilización ya que la humedad favorece la dispersión de la espuma. Por otro lado, los excesos de humedad generarán deformaciones prematuras, que podrían darse por situaciones tan cotidianas como pérdidas en mangueras o recarga de agua de compactación.

Una vez ejecutados los trabajos de estabilizado y compactación, se protege la capa terminada mediante un riego de curado con emulsión asfáltica convencional diluida al 25%, para evitar la erosión provocada por el tránsito. Mientras este riego no se ejecuta, la capa terminada se mantiene húmeda, ya que las pérdidas bruscas de humedad podrían provocar fisuración superficial.

5.1 Desafíos encontrados

La obra contó con un estricto control de calidad desde el inicio, cuidadosamente definido y dimensionado de acuerdo a la disponibilidad de personal y equipamiento de laboratorio. Se controlaba diariamente el material estabilizado mediante la realización de ensayos ITS secos y saturados, para lo que prestó especial atención al muestreo in situ, buscando la representatividad de toda la capa. Se hacían además mediciones diarias de la humedad existente del material, con estrecha comunicación con la obra para hacer los ajustes necesarios y posteriormente se hacían mediciones de las densidades alcanzadas en obra.

No obstante, se presentó la necesidad de realizar algunos retrabajos en zonas que presentaron deformaciones prematuras, por dos motivos distintos, que llevaron a soluciones distintas. Por un lado, deformaciones sin presencia de fisuración, por causa de humedades excesivas en el material fueron corregidas mediante fresado. Por otro lado, deformaciones acompañadas por fisuración, teniendo valores adecuados para la resistencia del estabilizado, normalmente se daban por una elevada heterogeneidad en el material existente y un soporte inadecuado para la capa estabilizada. En este caso se opta por la sustitución de la capa subyacente y un re-estabilizado ajustando las dosis.

Sin embargo, el principal desafío que impuso el proyecto fue la fisuración encontrada tanto en la capa de base estabilizada como en

Diseño y ejecución de un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado en Uruguay



Figura 11. Fisuración encontrada en mezcla asfáltica

la capa de mezcla asfáltica, como muestra la Figura 11.

Ante la situación encontrada se pudo concluir que, por un lado, como los valores de densidades y de resistencia obtenidos en la etapa de obra fueron adecuados, y además se presentaba con ausencia de deformación, no podían ser atribuibles a fallas en el comportamiento mecánico del material estabilizado.

Finalmente, se pudo categorizar alguna fisuración, por su localización y espesor (menor de 3mm), como un exceso de cemento Portland presente en los solapes constructivos, mientras que otras fisuras de mayor espesor surgieron por causa de movimientos de la subrasante, que en zonas fue caracterizada como arcillosa. Éstas se propagan desde la subrasante hacia las capas superiores, fueron oportunamente selladas y hasta el momento no han mostrado mayor evolución.

5.2 Evaluación del proyecto ejecutado

Ante la interrogante que introdujo la mencionada situación de fisuración, se realizó una nueva campaña de medición de deflexio-

nes posterior a la rehabilitación del tramo, que se muestra en la Figura 12, habiendo transcurrido un año desde su ejecución, tiempo durante el cual el estabilizado sigue incrementando su resistencia.

Como se aprecia en la figura, hubo una importante disminución en las deflexiones máximas. Mientras que previo a la rehabilitación la deflexión máxima promedio presentaba valores de 650 μm con desviaciones del orden de 200 μm , luego de la ejecución del estabilizado la deflexión máxima promedio es de 300 μm con una desviación de 98 μm , lo que indica no solo una mejora en la capacidad estructural del material, sino que también se eliminaron varias de las heterogeneidades presentes en el tramo.

A su vez, si se tiene en cuenta los valores de referencia para evaluar la condición del pavimento, casi la totalidad del tramo se ubica por debajo de las 500 μm , quedando dentro de la condición estructural de "adecuada", lo que implica una mejora significativa al paquete estructural en cuando a su capacidad soporte.

La ejecución del reciclado in situ cumplió con los requisitos de proyecto y se prevé un correcto desempeño hasta finalizado su horizonte de diseño de 10 años. La fisuración encontrada respondió a

aspectos constructivos por un lado e inherentes a los materiales existentes, y habiendo realizado una campaña de sellado de fisuras, manteniendo un adecuado monitoreo se espera que no generen mayores inconvenientes futuros.

6. CONCLUSIONES

realizar un adecuado dimensionamiento de las pasadas de los distintos equipos para el ancho de trabajo y los correspondientes solapes, de manera de evitar los excesos de cemento Portland. Si bien se realizó una calibración del camión esparcidor previo al inicio de los trabajos, sería una buena práctica realizarla de manera periódica, a modo de verificación de la homogeneidad en la dosificación.

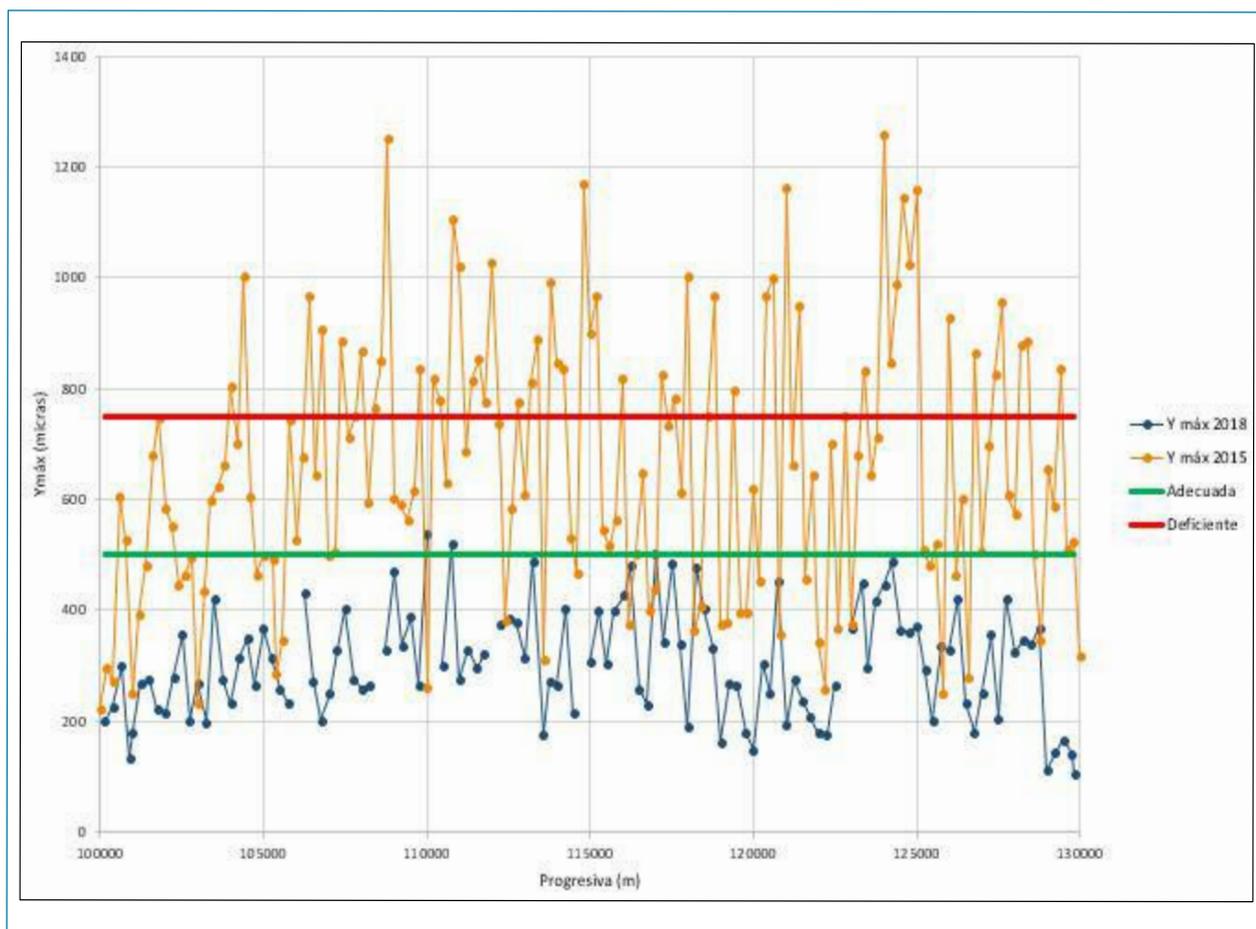


Figura 12. Deflexiones máximas antes y después de la rehabilitación

Se puede valorar el trabajo realizado desde distintos puntos de vista. El valor tanto económico como medioambiental de la solución técnica es significativo, visto que permite el aprovechamiento en gran medida de la estructura existente, y se logran pavimentos duraderos y resistentes, tal como muestra la evaluación del firme luego de su rehabilitación. No obstante, los desafíos encontrados en la práctica muestran que la etapa constructiva es altamente condicionante para el desempeño en servicio.

En este aspecto se resalta la necesidad de contar, en una etapa previa a la rehabilitación, con una buena red de drenajes, para evitar que variaciones en la humedad generen fisuras superficiales. Otro aspecto constructivo a considerar es el plan de ejecución,

Finalmente, este y otros proyectos que se han diseñado según la misma técnica en Uruguay han demostrado que se logra un mejor comportamiento y mayor aprovechamiento de la solución siempre que se cuente con un paquete con alto grado de homogeneidad en cuanto a tipo y calidad de materiales existentes y sus espesores. La presencia de heterogeneidades implica el tratamiento diferencial de lugares puntuales, lo que quita eficiencia a la construcción, generando incertidumbres y comportamientos distintos a lo largo del tramo.

Teniendo en cuenta los aspectos prácticos que permitirán optimizar la solución y su comportamiento en servicio, se ha visto que la técnica de reciclado con asfalto espumado es una herramienta de gran poder para la rehabilitación de pavimentos en Uruguay, donde

Diseño y ejecución de un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado en Uruguay

se tiene una red con grandes necesidades de mantenimiento, frente a un deterioro acelerado e inesperado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Asociación Uruguaya de Caminos. (2017). Situación de la Vialidad Uruguaya 2017. Obtenido de: <http://www.auc.com.uy/archivos/situacionVialidadUruguay2017.pdf> (Fecha de acceso: 20 mayo 2019).
- [2] Asphalt Academy. (2009). Bitumen Stabilised Materials. A Guideline for the Design and Construction of Bitumen and Foamed Bitumen Stabilised Materials. Pretoria: Asphalt Academy.
- [3] Horak, E. (2008). Benchmarking the structural condition of flexible pavements with deflection bowl parameters. Journal of the South African Institution of Civil Engineering. 50 (2), pp 2-9.
- [4] Wirtgen Group. (2017). BSM Cold Recycling Laboratory Handbook. Windhagen: Wirtgen Group.

UNE-EN 12697-44:2011

Propagación de fisura por el ensayo de flexión con una probeta semicircular

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

Método de ensayo de flexión de una probeta semicircular que permite determinar la resistencia a tracción de la propagación de una fisura inducida de una mezcla bituminosa. Con este método se puede determinar la carga máxima que puede soportar una mezcla cuando tiene una fisura antes de romperse, así como si esta fisura es crítica o no.

La fase previa del inicio de la fisura debe determinarse con otro tipo de ensayos, como es el ensayo de fatiga.

2. Método operativo

Durante el ensayo una probeta semicircular que presenta una fisura central se somete a flexión en tres puntos aplicando una deformación con una velocidad constante de 5 mm/min.

Las probetas para el ensayo pueden obtenerse mediante la fabricación de placas de mezcla de 50 ± 3 mm de espesor con el compactador de rodillo (UNE EN 12697-33) y extrayendo posteriormente testigos de $150 \pm 0,1$ mm de diámetro. También puede utilizarse el compactador giratorio (UNE EN 12697-31) con moldes de 150 mm. de diámetro con el espesor mencionado.

Otro procedimiento para la preparación de las probetas de ensayo es la extracción de testigos de obra con dimensiones similares, $150 \pm 0,1$ mm de diámetro, reduciendo su espesor a 50 ± 3 mm

En todos los casos, las probetas deben presentar caras planas y paralelas puliéndolas si es necesario. Se cortan en dos probetas semicirculares iguales y se realiza, en la mitad de la probeta, una entalla con una anchura de $0,35 \pm 0,1$ mm y una

profundidad de $10,0 \pm 1,0$ mm.



Foto 1. Probeta de ensayo con entalla inducida.

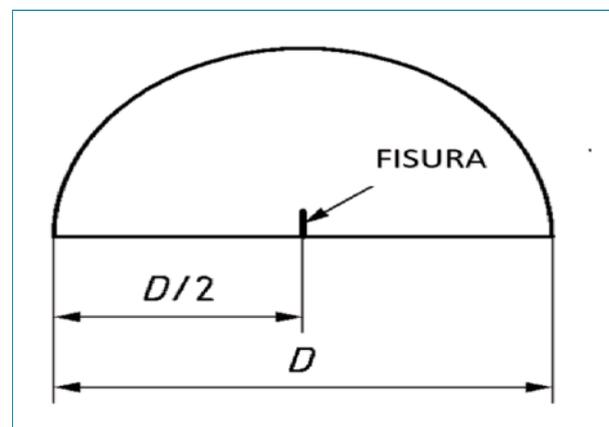


figura 1. Detalle posición de la fisura.

Se pesa la probeta seca, se mide el diámetro (D), la altura de la probeta (h), el espesor (t) y la profundidad de la entalla, con una precisión de 0,1 mm.

Las probetas se acondicionan durante 4 horas en una cámara climatizada a la temperatura especificada $\pm 1^\circ\text{C}$. Según indica la norma, en la mayoría de los casos el ensayo se efectúa a una temperatura de 0°C . Se extrae la probeta de la cámara de acondicionamiento y se apoya en el dispositivo de ensayo, a continuación, comienza el ensayo aplicando sobre

UNE-EN 12697-44:2011 Propagación de fisura por el ensayo de flexión con una probeta semicircular

la probeta una carga a la velocidad de 5 mm/min sobre la probeta, registrando la fuerza con una precisión de 1 N y el desplazamiento vertical con precisión de 0,01 mm.



figura 2. Probeta durante el ensayo de rotura.

Se verifica el ensayo mediante la comprobación de la evolución de la línea de la fisura tras la rotura que debe estar en una zona situada a ± 15 mm del centro de la pletina de carga. Si la fisura termina fuera de esta zona, deberá repetirse el ensayo con otra probeta.

Se calculan los siguientes parámetros:

- Se determina la carga máxima, $F_{\max,i}$ y la deformación vertical, ΔW_i
- Se calcula la deformación unitaria bajo fuerza máxima, $\epsilon_{\max,i}$
- Se calcula la tensión máxima, $\sigma_{\max,i}$
- Se calcula la resistencia a la rotura, $K_{Ic,i}$ y K_{Ic}

Fórmulas de cálculo:

$$\epsilon_{\max,i} = \frac{\Delta W_i}{W_i} \times 100\%$$

$$\sigma_{\max,i} = \frac{4,263 \times F_{\max,i}}{D_1 \times t_1} \text{ N/mm}^2$$

$$K_{Ic,i} = \sigma_{\max,i} \cdot f \left(\frac{a_i}{W_i} \right) \text{ N/mm}^{3/2}$$

$$K_{Ic} = \frac{\sum_{i=1}^4 K_{Ic,i}}{4} \text{ N/mm}^{3/2}$$

3. Equipamiento

El ensayo precisa los siguientes equipos:

- Compactadora de probetas giratoria y moldes de 150 mm de diámetro (UNE EN 12697-31) o el compactador de placas (UNE EN 12697-33).

- Equipo de extracción de testigos.
- Prensa multiensayo con un rango al menos de 50 kN y capaz de medir cargas con exactitud de 0,2 kN y 0,01 mm de deformación. Debe mantener una velocidad de deformación de $5,0 \pm 0,2$ mm/min durante todo el ensayo
- Mordaza de ensayo y accesorios (pletinas de apoyo).
- Máquina de corte para realizar una entalla con anchura de $0,35 \pm 0,1$ mm y profundidad de $10,0 \pm 1,0$ mm.
- Otros equipos complementarios de laboratorio, como balanzas, estufas, etc...



figura 3. Máquina de corte para generar una fisura en probetas.

4. Puntos Críticos

El punto crítico de este ensayo es la dificultad para realizar la fisura con las tolerancias que señala la norma, ya que obliga a emplear discos de corte especiales de difícil localización y elevado coste.

Este ensayo se efectúa a bajas temperaturas (generalmente a 0°C), por lo que es preciso disponer de una cámara climática en la prensa de rotura.

No se dispone de suficiente experiencia con este ensayo en nuestro país.

5. Comentarios

Este ensayo también se conoce como "Ensayo SCB" por su denominación en inglés: *Crack propagation by Semi-Circular Bending test*.

Se está pendiente realizar ensayos interlaboratorios en varios laboratorios de Aleas para verificar la influencia de una entalla mayor y también la posibilidad de utilizar otras tempe-

raturas de ensayo (pe. 5°C).

De un anillo organizado en los Países Bajos con una mezcla tipo AC16 SURF con 3 tipos de betunes distintos (20/30, 40/60 y 70/100 y a una temperatura de 0°C) obtuvieron, para un valor medio de K_{Ic} de 30,6 N/mm^{3/2}, una repetibilidad de 2,44 N/mm^{3/2} y una reproducibilidad de 2,49 N/mm^{3/2}.

6. Bibliografía

- UNE-EN 12697-27. Toma de muestras.
- UNE-EN 12697-31. Compactación de probetas con la giratoria.
- UNE-EN 12697-33. Compactación de probetas con el compactador de placas.
- UNE-EN 12697-35. Mezclado en laboratorio.

El procedimiento de ensayo SCB es un procedimiento sencillo que puede aportarnos información complementaria con posibilidad de valoración en conjunto con otros procedimientos similares sobre el comportamiento de las mezclas bituminosas en el firme.

#100

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Las mezclas asfálticas drenantes constituyen una útil herramienta en gestión de escorrentías por tormentas” (Editorial, número 20)

#SOSTENIBILIDAD - MEDIO AMBIENTE



EVENTOS
VR / 3D

EVENTOS EN REALIDAD VIRTUAL 3D

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

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

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

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

realidadvirtual@itafec.com

Uso del reforzamiento flexible en betunes modificados para pavimentos

Gabriel Hernández Zamora,
gabriel.hernandez@dynasol.com

Rodolfo Barragan Ramírez,

Rodolfo M. López Delgado,

Juana Treviño Trujillo

Este trabajo presenta el uso de betunes modificados utilizando elastómeros de estireno-butadieno como polímeros modificadores que brindan reforzamiento elástico y flexibilidad cuando el betún se combina con agregados pétreos en formulaciones de mezcla en caliente. La primera sección del trabajo permite ver que estos betunes modificados permiten formular mezclas con hasta 30% de RAP reemplazando en la misma proporción el agregado pétreo, manteniendo valores de módulos de resiliencia y resistencia a rodera por rueda cargada en valores parecidos a especímenes de mezcla en caliente sin RAP. La segunda parte del trabajo presenta una nueva familia de elastómeros SB de alto contenido vinílico que infiere alta elasticidad y flexibilidad a la mezcla, manteniendo al betún en niveles procesables de viscosidad, y que puede cumplir los más altos estándares reológicos de acuerdo a la norma AASHTO M332, y que además puede aplicarse hacia otras áreas de aplicación como emulsiones de betún modificadas para slurry seal altamente elástico.

Palabras Clave: RAP, SBS, Slurry seal, elastómero SB, vinilo.

This work presents the use of modified bitumen using styrene-butadiene elastomers as polymeric modifiers. These polymers impart elastic reinforcement and flexibility when this polymer modified bitumen (PMB) is combined with petrous aggregates in hot mix bitumen formulations. First section of this work includes application of PMB combined with 30% of RAP replacing the aggregate in the same proportion and keeping resilience modulus and loading wheel tracking test for rutting resistance as the same as obtained with hot mix bitumen prepared with the aggregate without RAP. Second part of this work, introduces a new family of high vinyl styrene-butadiene elastomers which confer high elasticity and flexibility to PMB, keeping the levels of viscosity easy for being processed and accomplishing all rheological standards according with AASHTO M332 besides of the possibility to be applied in other applications as polymer modified asphalt emulsions for highly elastic slurry seals.

Keywords: RAP, SBS, Slurry seal, SB elastomer, vinyl.

1. INTRODUCCIÓN

El asfalto o betún es uno de los materiales de ingeniería más antiguos que se conoce y que se ha utilizado para la construcción de pavimentos. En nuestra época sus usos se han diversificado aprovechando sus propiedades adhesivas y la dependencia de sus estados físicos en función de la temperatura

a la que se encuentre. Adicional a la aplicación en pavimentos, el betún se ha utilizado para producir impermeabilizantes, materiales para rehabilitar las carreteras con emulsiones bituminosas, materiales adhesivos y selladores de grietas.

De acuerdo a una publicación del año 2015 del Asphalt Institute y Eurobitumen [1], la producción global de betún en el mundo es de aproximadamente 87 millones de toneladas por

año, de las cuales el 85% se utiliza para diferentes aplicaciones de pavimentos.

Los países desarrollados han tenido un crecimiento importante particularmente después de la segunda guerra mundial; y en conjunto a dicho crecimiento ha venido el alto volumen de tráfico, alta densidad de carga, los cuales en combinación con un mantenimiento insuficiente produce daños severos en la superficie del pavimento (roderas y grietas). Lo anterior ha promovido diferentes investigaciones para mejorar las propiedades del betún y a la vez la durabilidad de los pavimentos.

Muchas de estas investigaciones incluyen el uso de betún modificado con polímeros, y uno de los grupos de polímeros más aplicados son los elastómeros de estireno-butadieno [2,3], de los cuales se han estudiado diversos temas que incluyen desde su naturaleza, compatibilidad y cambios de propiedades reológicas y termomecánicas que infieren al betún modificado [4,5].

Adicional a las mejoras en el uso de betunes modificados, se han perseguido nuevos retos de aplicación del betún con una visión de sustentabilidad, por ejemplo, el uso de betún reciclado [6, 7, 8] a partir de pavimentos triturados tipo RAP (reclaimed asphalt pavement) y la interacción de dichos betunes reciclados con betunes modificados con polímero [9] para mejorar las propiedades que ha sufrido el primero a través del envejecimiento con el tiempo.

Por otro lado, también se han generado tecnologías que permitan mejoras importantes en propiedades de recuperación elástica y flexibilidad [10], a un nivel en el que se reduzca de manera sobresaliente la generación de roderas ante este incremento del tránsito mediante el uso de polímeros que generan baja viscosidad, mejor procesamiento cuando se elabora el asfalto modificado y un nivel de flexibilidad y recuperación elástica que permiten generar módulos de reforzamiento importantes sin dificultad para poder elaborar mezclas de betún en caliente.

Este trabajo presenta dos casos, uno de ellos dirigido al uso de RAP combinado con betún modificado para lograr mejoría en la fatiga de una mezcla en caliente; y, el segundo caso, una nueva generación de betunes modificados con elastómeros SBS de alto vinilo que promueve baja viscosidad para obtener betunes altamente flexibles con mejora sustancial en la reducción de roderas [15].

2. MATERIALES

2.1. Uso de betún modificado con RAP en mezcla en caliente.

En esta primera etapa se seleccionó un elastómero de estireno butadieno tipo SBS lineal que presenta las propiedades descritas en la tabla 1.

Este polímero se mezcló en una proporción de 2.5% peso/peso con betún virgen grado PEMEX EKBE PG 64-22 de la refinería de Salamanca para llegar a un betún modificado grado PG 76E-22, con las propiedades descritas en la tabla 2. La figura 1 presenta el esquema representativo de la estructura del SBS utilizado.

Para este estudio se utilizó un banco de agregado calizo del AVRA ubicado cerca de Tampico, Tamaulipas, México. El control granulométrico de dicho agregado siguió un diseño tipo SUPERPAVE como se describe en la tabla 3 para el tamaño nominal de 19 mm y la figura 2 presenta la curva de distribución granulométrica del agregado pétreo utilizado. Se utilizó también un RAP triturado obtenido del almacén de Tampico, Tamaulipas, el cual se tamizó para obtener una granulometría controlada de acuerdo recomendación AMAAC [11], que se describe en la tabla 4, y la figura 3 presenta su distribución granulométrica comparando contra los límites establecidos para el control del agregado pétreo virgen mencionado antes.

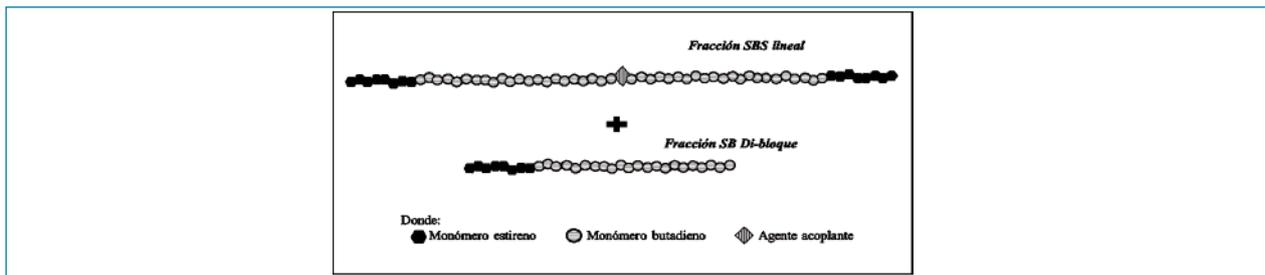


Figura 1. Estructura del SBS lineal

Tabla 1. Propiedades del polímero modificador de betún tipo SBS lineal.

PROPIEDAD DEL POLÍMERO SBS	VALOR
Contenido de estireno total; % peso/peso	33
Bloque de poliestireno; % peso/peso	31
Configuración del SBS	SBS lineal
Viscosidad Brookfield en Tolueno al 25% de sólidos, mPa.s	700
Fracción de SBS lineal, %	20
Fracción de dibloque SB di-block, %	80
Índice de fluidez a 200°C y 5 Kg, g/10min	8
Dureza Shore A	69

Tabla 2. Propiedades de betún modificado con SBS.

PROPIEDAD	METODO DE PRUEBA	VALOR
Temperatura de ablandamiento, °C	ASTM D36	57
Penetración a 25°C (77°F), 100 g, 5 s, dmm	ASTM D5	51
Viscosidad Brookfield a 135°C (275°F), cP	ASTM D4402	1087
Recuperación elástica por torsión, %	M.MMP.4.05.024/02	51
Ductilidad a 4°C (39.2°F), cm	ASTM D113	25
Recuperación elástica por ductilómetro a 25°C (77°F) después de RTFO, %	N-CMT-4.05.002/06	71
Grado PG SUPERPAVE, °C	SUPERPAVE (AASHTO M320 y M332)	76E-22

Tabla 3. Granulometría del agregado pétreo.

Granulometría del agregado	Apertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
1 in	25	100
3/4 in	19	92
1/2 in	12.5	76
3/8 in	9.5	65
1/4 in	6.3	50
4	4.75	42
10	2	27
20	0.85	17
60	0.25	9
200	0.075	4

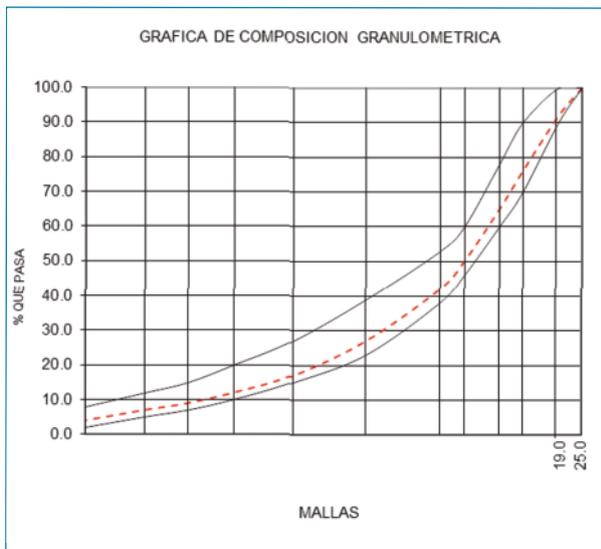


Figura 2. Distribución granulométrica del agregado pétreo en tamaño nominal 19 mm de acuerdo con SUPERPAVE.

Tabla 4. Granulometría del RAP de acuerdo con recomendación AMAAC.

TAMIZ		Control granulométrico
(Pulgadas)	(milímetros)	
1.25	31.30	100
1	25.00	85 - 95
3/4	19.00	75 - 85
Number 4	4.75	30 - 40
Number 30	0.60	1 - 5

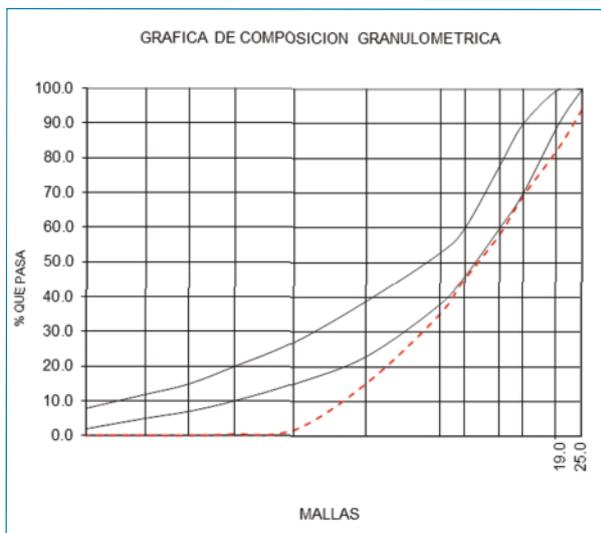


Figura 3. Curva granulométrica del RAP triturado controlado con los límites de la tabla 4 (de acuerdo con la recomendación AMAAC) y comparando contra los límites del agregado pétreo virgen.

2.2. Betunes modificados con altas propiedades elásticas.

Para esta segunda parte se utilizó un segundo tipo de elastómero lineal con alto contenido de estructura vinílica (1,2-Butadieno) con las propiedades descritas en la tabla 5, y asfalto mexicano grado PEMEX EKBE PG 64-22 de la refinería de Salamanca.

3. DESARROLLO

3.1. Uso de betún modificado con RAP en mezcla en caliente.

En diferentes estudios se ha reportado que los elastómeros de SBS generan reforzamiento en el betún modificado, esto se traduce en un incremento de propiedades como el módulo de corte reológico (rigidez) o la reducción de la penetración. En la figura 4 se presentan las tendencias de estas variables mencionadas utilizando el elastómero SBS lineal descrito en la tabla 1 y modificando el betún virgen EKBE PG 64-22 a dos concentraciones de polímero de 2 y 3% peso/peso.

En algunos estudios se han reportado resultados de investigaciones de aplicación de RAP [12] fundamentándose en el resultado de la mezcla en caliente final; sin embargo, un tema de interés es estudiar el efecto que tiene la combinación de un betún modificado con el betún del RAP que se utilizará en la mezcla, en principio se esperaría que el betún contenido en el RAP debería de tener una composición química diferente a un betún convencional. Para probar lo anterior se llevó a cabo la extracción de betún de RAP utilizando un equipo rotarex siguiendo el método ASTM D2162 [13] y utilizando cloruro de metileno como disolvente para la extracción del betún. Posteriormente con el uso de un equipo de destilación rotatoria (rotavapor) se recuperó el betún que fue analizado por latroscan para comparar la composición de las fracciones que integran al betún envejecido comparado con betún convencional como se muestra en la figura 5.

Tabla 5. Propiedades del polímero modificador de betún tipo SBS lineal de alto vinilo.

PROPIEDAD DEL POLÍMERO SBS ALTO VINILO	VALOR
Contenido de estireno total; % peso/peso	31
Bloque de poliestireno; % peso/peso	31
Configuración del SBS	SBS lineal
Viscosidad Brookfield en Tolueno al 5.23% de sólidos, mPa.s	9.5
Fracción de SBS lineal, %	100
Fracción de dibloque SB di-block, %	0
Dureza Shore A	70

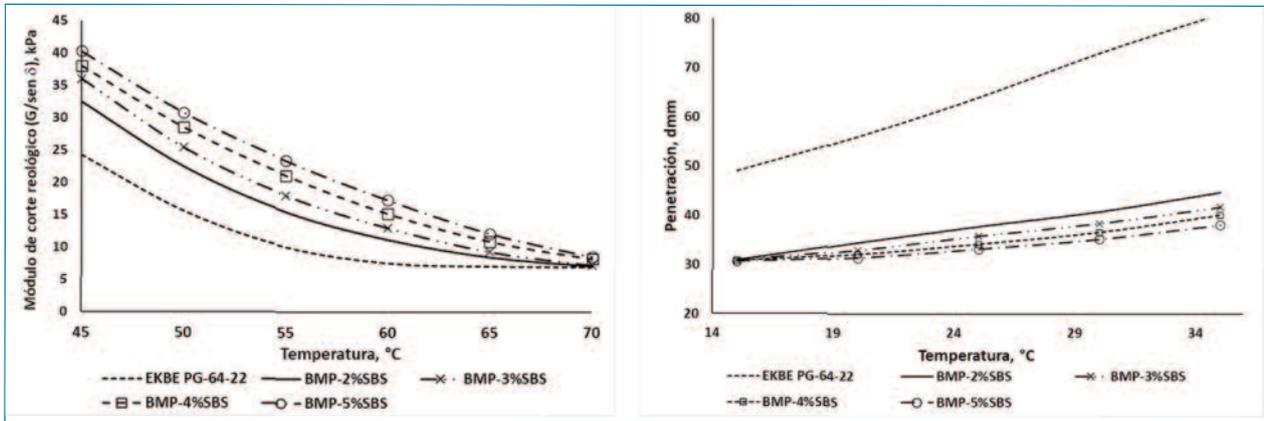


Figura 4. Ejemplo de reforzamiento del betún modificado en propiedades de módulo de corte reológico y penetración.

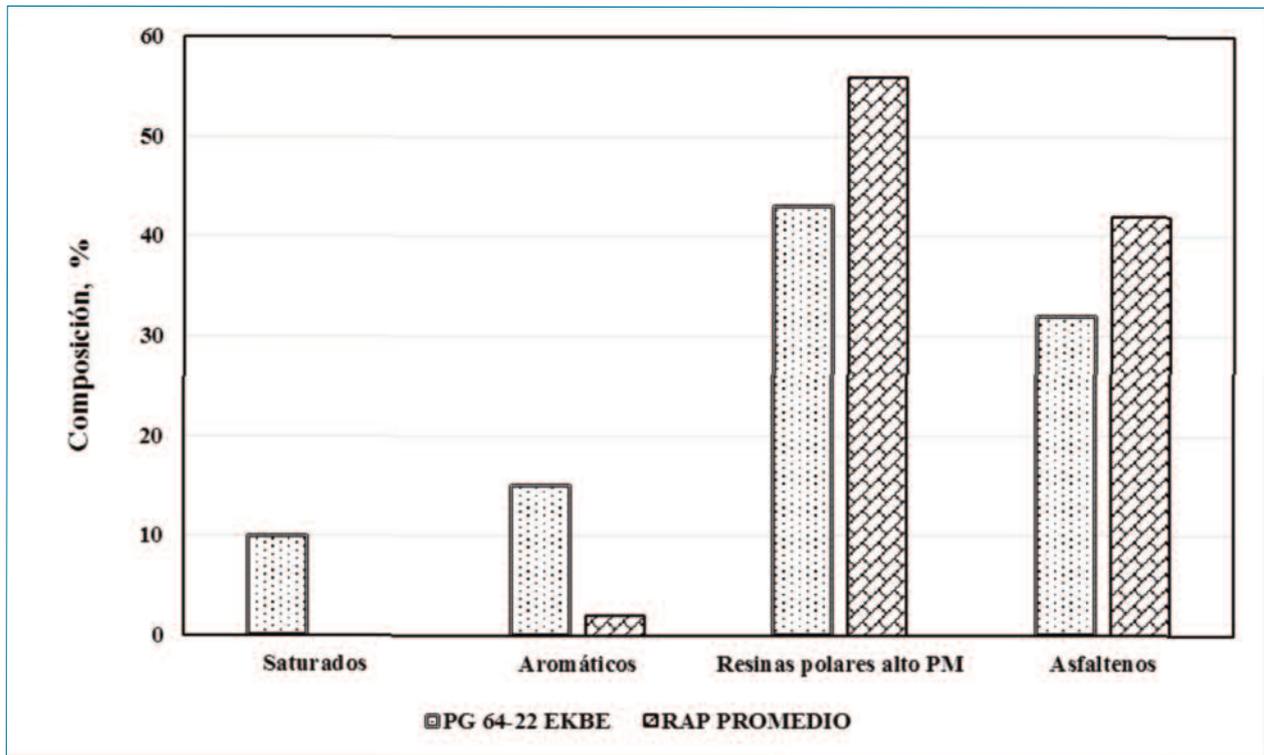


Figura 5. Estudio de composición comparativo entre el betún convencional y betún extraído del RAP.

Uso del reforzamiento flexible en betunes modificados para pavimentos

Se utilizó el betún extraído del RAP para observar el efecto de su combinación con betún convencional y por otro lado con betún modificado cuyas propiedades previamente se han descrito en la tabla 2, y se midió el efecto de las mezclas en el módulo de corte reológico ($G^*/\text{sen } \delta$), observando las tendencias descritas en la figura 6.

peratura, por ejemplo, para 64°C, $B_1=B_2=0.016$; para 70°C, $B_1=B_2=0.026$, y para 76°C, $B_1=B_2=0.036$, resultado curioso que por cada 6 grados de temperatura estas constantes B_1 y B_2 se van moviendo en un valor incremental de 0.01.

Para preparar diferentes mezclas en caliente con diferente proporción de RAP se fueron haciendo combinaciones del agregado

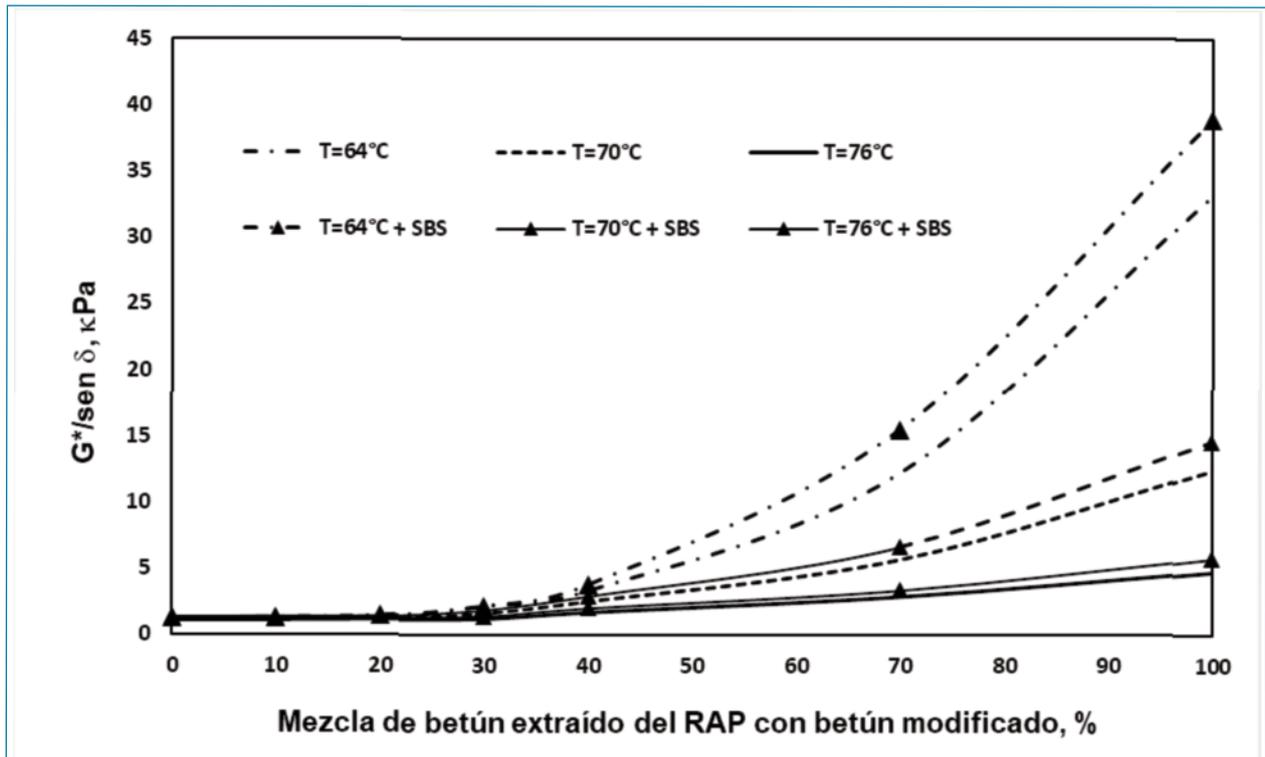


Figura 6. Efecto en el módulo de corte reológico de combinación de betún extraído de RAP con betún convencional y betún modificado con SBS.

Las curvas observadas en la figura 6 son funciones exponenciales descritas por las ecuaciones (1) y (2) (la primera para la combinación de betún del RAP con betún convencional y la segunda de la combinación de dicho betún del RAP con betún modificado con SBS).

$$\varphi = A_1 \exp(B_1) v \quad \dots \text{Ec. 1}$$

$$\varphi = A_2 \exp(B_2) v \quad \dots \text{Ec. 2}$$

Donde φ es el módulo de corte reológico, A_1 , A_2 , B_1 y B_2 son constantes que dependen de la temperatura de prueba; y, v es la fracción de betún extraído del RAP, y después mezclado bien sea con el betún convencional o con betún modificado con polímero.

En todas las curvas experimentales obtenidas se observa que $A_2 = 1.17A_1$, y que $B_1=B_2$; sin embargo, B_1 y B_2 varían con la tem-

pétreo descrito en la tabla 3, con RAP controlado con la granulometría mencionada en la tabla 4, y se fueron midiendo las estabilidades Marshall para determinar el punto óptimo en cada proporción de RAP incluido en la mezcla, con probetas compactadas en prensa Marshall con 50 golpes por cada lado. Los resultados de las curvas de estabilidad se presentan en la figura 7, donde se observa que conforme se va incrementando el contenido de RAP en la mezcla se va necesitando menos contenido de betún modificado para llegar al punto óptimo de la estabilidad Marshall, esto nos indica que el RAP también da aporte en dicha estabilidad.

En otra experimentación realizada, si se mantiene constante la concentración de betún modificado a un 5% peso/peso en la mezcla en caliente, y se va variando el contenido de agregado pétreo y RAP se observó un comportamiento en los valores de estabilidad Marshall como se describe en el histograma de la figura 8; y, además se

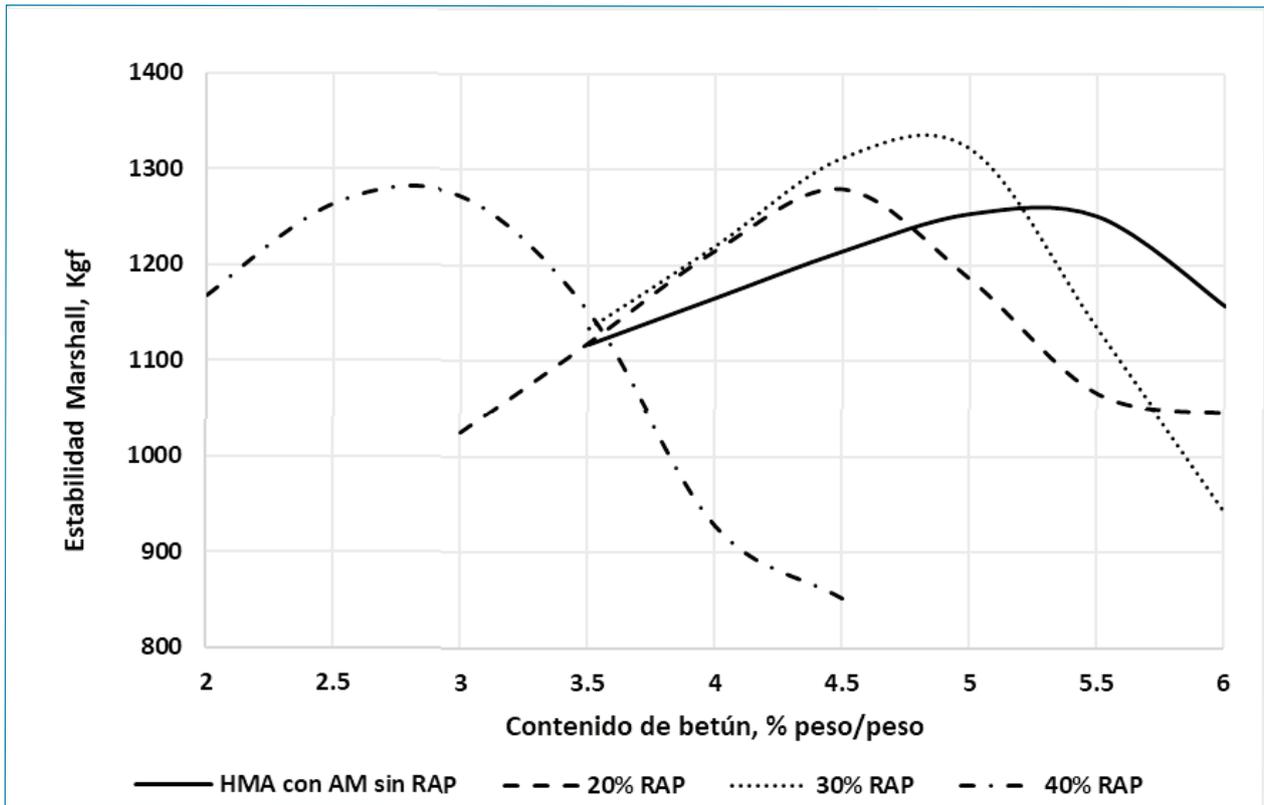


Figura 7. Estabilidades Marshall de mezclas calientes tipo HMA para encontrar el punto óptimo de betún modificado en mezclas con RAP.

midió la resistencia a la formación de roderas utilizando la rueda cargada APA con 8000 ciclos en estado saturado y seco, observando los resultados obtenidos en la figura 9. En esta figura 9, se observa que el betún modificado con SBS permite mejorar la resistencia a la formación de roderas cuando se compara frente al betún virgen, manteniendo el nivel de resistencia con 30% de incorporación de RAP en la formulación de la mezcla en caliente. Con un 40% de RAP, el nivel de formación de rodera es mayor que el betún convencional y muy cercano al límite de aceptación de 10 milímetros de profundidad. Si no se controla la granulometría del RAP llegamos a una condición inestable donde se pierde la resistencia estructural.

En el aporte estructural definitivamente hay una contribución del RAP que puede hacer sinergia con el betún modificado. Para ver el efecto del betún modificado se compararon formulaciones de mezclas en caliente sin RAP comparando el betún modificado con el betún convencional y observando una mejoría en la estabilidad Marshall como se presenta en la figura 10.

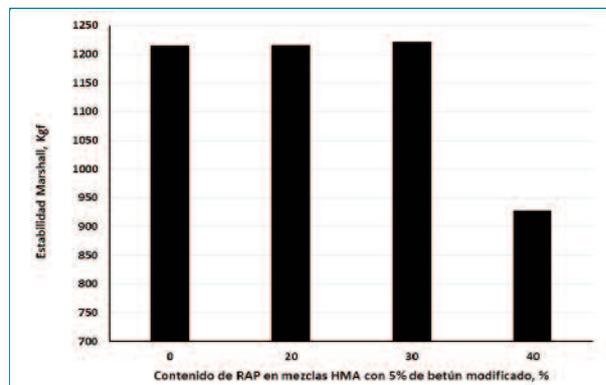


Figura 8. Evolución de la estabilidad Marshall manteniendo constante el contenido de betún modificado y variando el contenido de RAP en la mezcla tipo HMA.

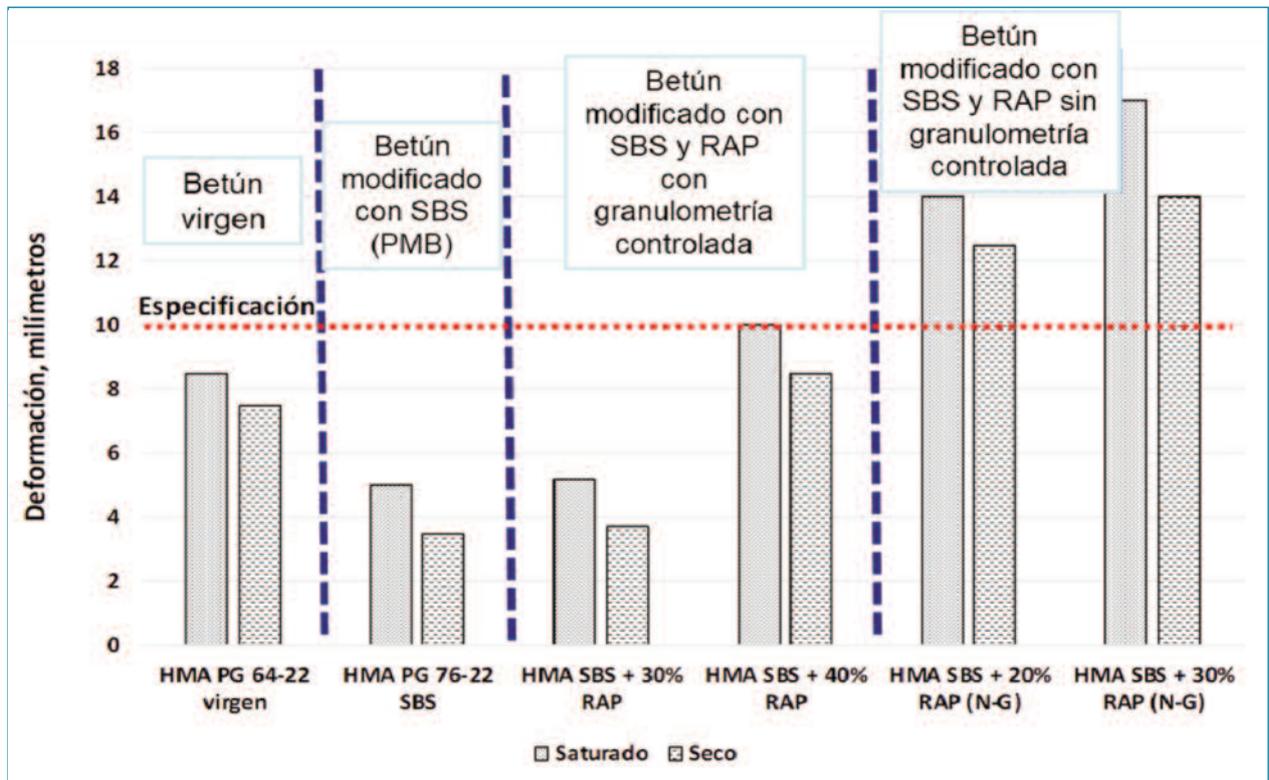


Figura 9. Formación de rodera medida por rueda cargada APA.

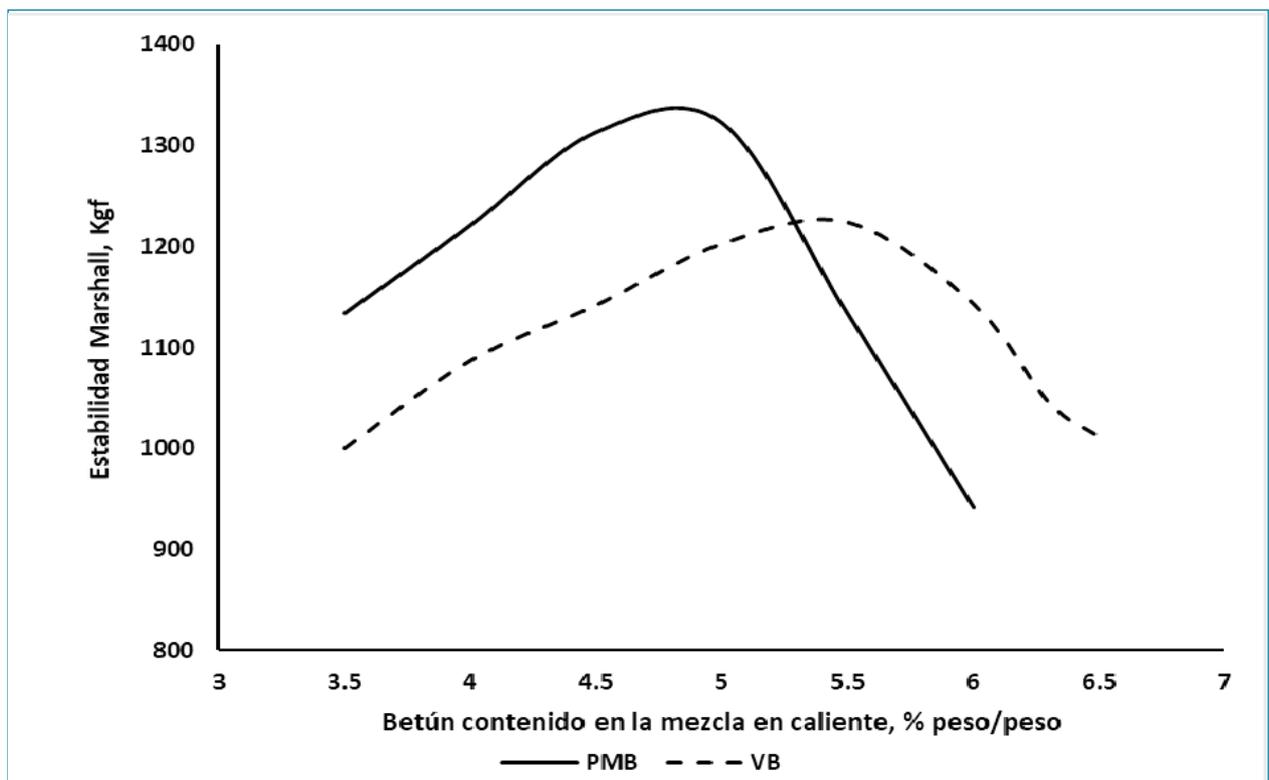


Figura 10. Estudio comparativo de estabilidad Marshall en mezclas formuladas con betún convencional comparadas frente a mezclas formuladas con betún modificado.

También, en esta investigación también se comparó el desempeño a la fatiga, utilizando un equipo de compactación giratoria para preparar especímenes de mezcla de betún caliente controlando el contenido de vacíos de $4 + 1\%$; después, estos especímenes fueron cortados para obtener especímenes de vigas de fatiga para medir el número de ciclos de resistencia antes de su ruptura, utilizando ciclos de vibración de 10 Hertz a 20°C , con una deformación controlada del 5%. La figura 11 muestra las tendencias de la prueba de fatiga comparando tanto al betún modificado con polímero como al betún virgen o convencional utilizados en la formulación de la mezcla caliente. Se debe recordar cómo se hace mención del inicio de esta parte 1, que el betún modificado lleva en su composición 2.5% peso/peso de SBS lineal (descrito en la tabla 2) en betún PG 64-22 para llegar a un grado PG final PG 76E-22, con cuatro preparaciones independientes de especímenes para observar la repetibilidad en la medición. Igualmente, se hicieron 4 preparaciones de especímenes independientes utilizando el mismo lote de betún virgen.

miento del betún con propiedades altamente elásticas, es factible utilizar SBS de alto contenido de vinilo como el que se describe en la tabla 5. Estos polímeros permiten manejar altas concentraciones en el betún modificado buscando obtener el mayor reforzamiento, pero a la vez una alta capacidad de recuperación elástica para disminuir las roderas, como puede verse en el histograma de la figura 12, en mezclas tipo HMA con 5.5% de ligante bituminoso. En la parte baja del eje de las abscisas se menciona la viscosidad del ligante bituminoso observando que con SBS típicos, a altas concentraciones se rebasa el valor de seguridad permitido en la viscosidad Brookfield a 135°C que es de máximo 3000 cP de acuerdo a la norma SUPERPAVE.

En la figura 13 se observa la respuesta elástica medida por el método AASHTO M332 [14] de los betunes altamente modificados con elastómeros SBS de alto vinilo, los cuales generan materiales más rígidos (menor compliance Jnr), pero con una respuesta elástica mayor. Lo anterior se debe a que el elastómero forma redes de polímero más homogéneas en su distribución sobre la matriz de betún, re-

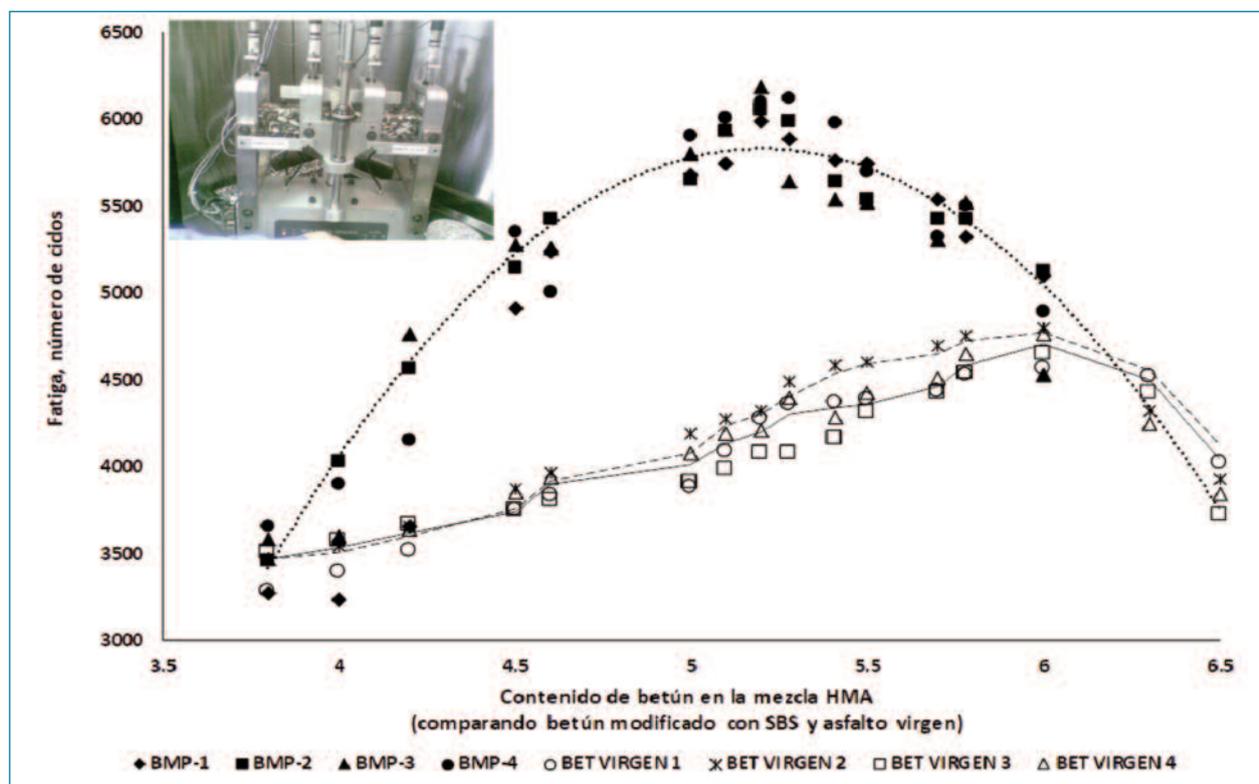


Figura 11. Resistencia a la fatiga en especímenes de mezcla en caliente comparando betún modificado con SBS (BMP) versus betún virgen convencional (BET Virgen).

3.2. Betunes modificados con altas propiedades elásticas.

En la búsqueda de materiales que permitan tener un reforza-

duciendo los dominios de betún libre y generando un material más elástico.

Estas tecnologías de pavimentos altamente elásticos también presentan muy alta flexibilidad, que puede aplicarse a tecnologías de

Uso del reforzamiento flexible en betunes modificados para pavimentos

emulsiones bituminosas para slurry seal y tratamientos de microsuperficie como se muestra en la figura 14, donde presenta una muestra de slurry seal, que se flexiona en forma de U y la probeta recu-

pera su forma aprovechando estas propiedades altamente elásticas antes mencionadas.

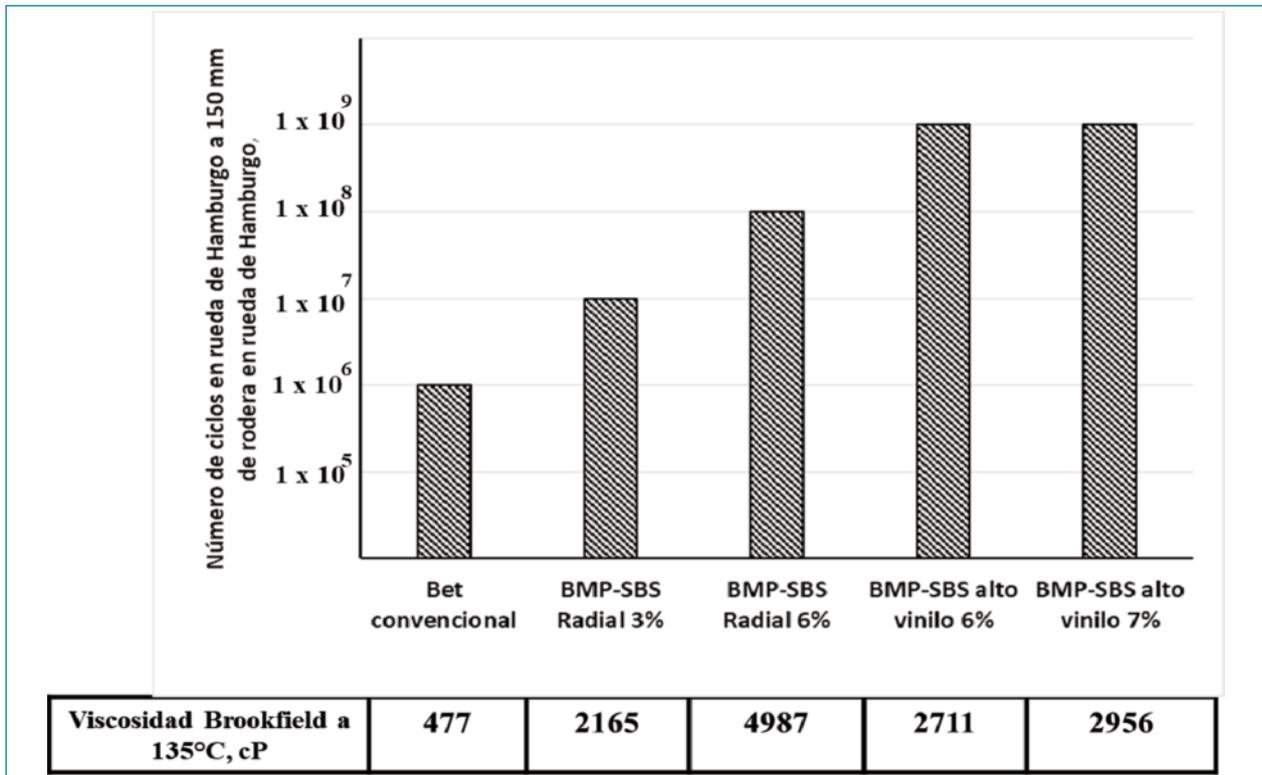


Figura 12. Mejora en el número de ciclos de rueda de Hamburgo con el uso de betunes altamente modificados con SBS de alto vinilo.

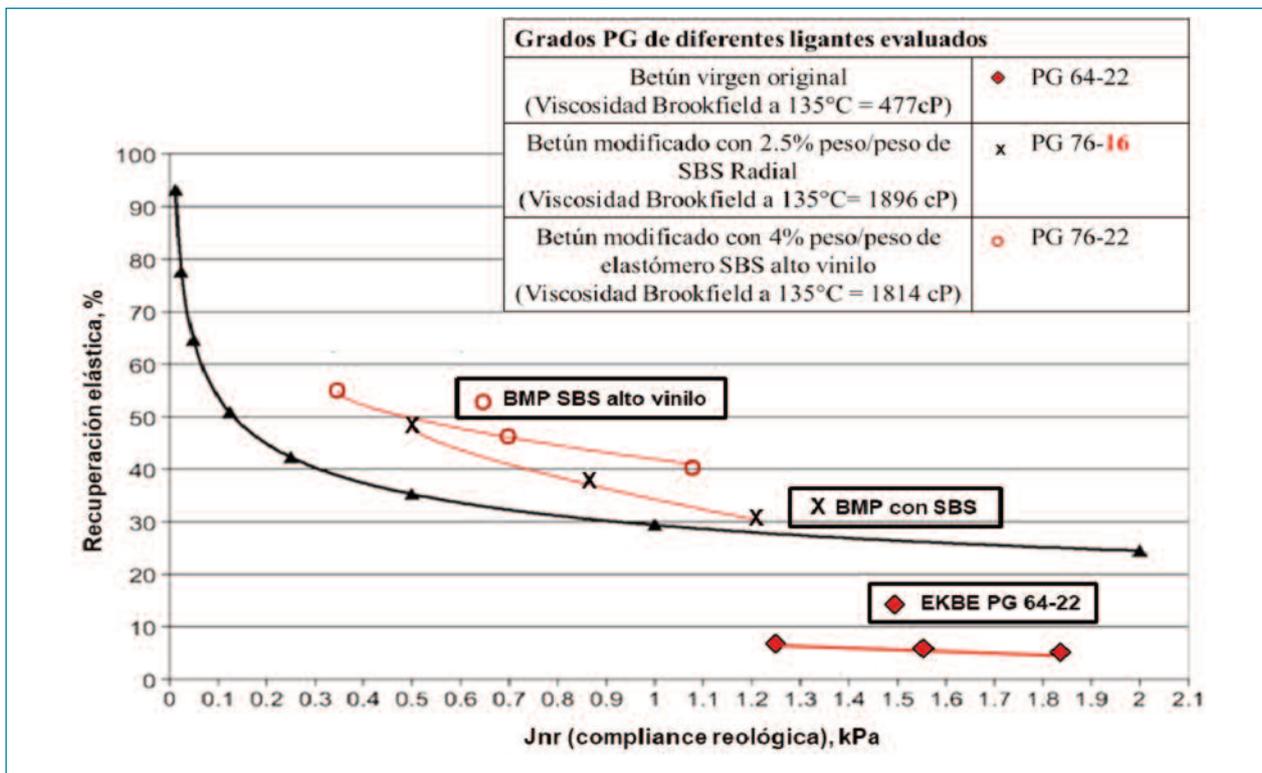


Figura 13. Mejora de la respuesta elástica en el betún altamente modificado con el uso de SBS de alto contenido vinílico.

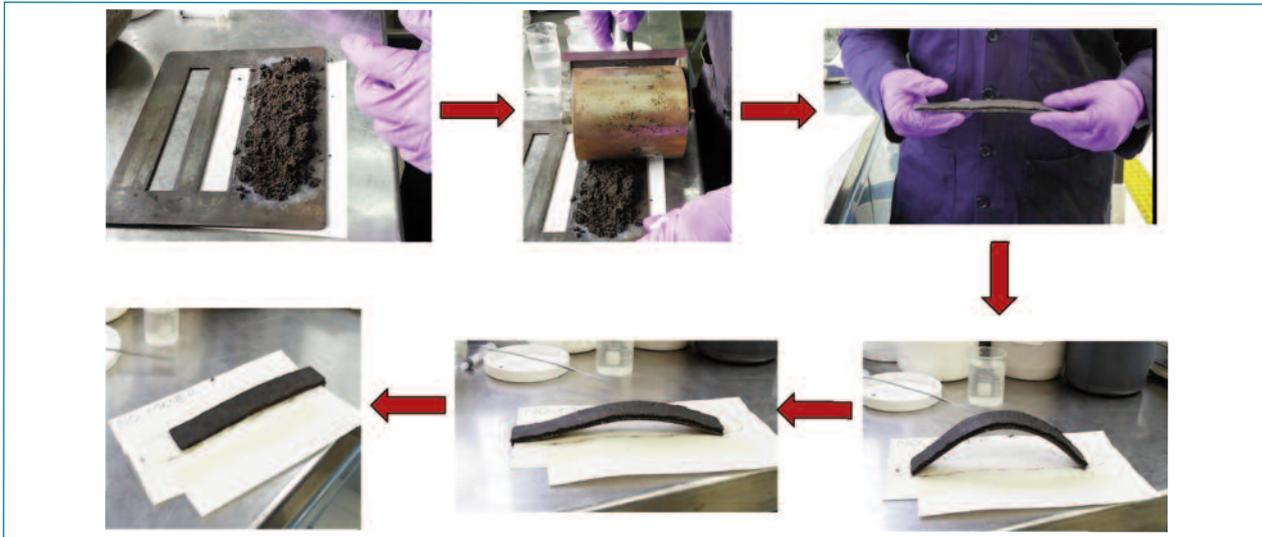


Figura 14. Probetas de slurry seal altamente elásticas con betunes modificados con elastómeros de alto contenido vinílico formulados con emulsiones bituminosas modificadas.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La primera parte de este trabajo presenta datos reológicos que demuestran que los betunes modificados con elastómeros de estireno-butadieno tipo SBS incrementan el reforzamiento cuando se comparan frente al betún virgen. Particularmente, cuando se va incrementando la concentración de polímero, lo anterior se traduce en mayores módulos de corte reológico y menores valores de penetración.

El betún contenido en el RAP es un material envejecido que ha perdido en gran medida los componentes de la fracción aromática y se ha enriquecido de asfaltenos y resinas, esta última fracción posiblemente atribuida a la oxidación con el tiempo. En esta investigación se combinó RAP, agregado pétreo virgen y betún modificado logrando mezclas en caliente con buenas propiedades de resistencia mecánica.

Sin embargo, cuando se formula una mezcla en caliente que incluye RAP y betún modificado con SBS, se deben realizar diseños previos, con una granulometría controlada del RAP y del agregado pétreo, que de acuerdo con lo observado en la figura 7, conforme se incrementa el contenido de RAP en el diseño de la mezcla, se requiere menor contenido de betún modificado para alcanzar la máxima estabilidad. No obstante, parece haber un máximo en el uso de RAP, ya que en esta investigación se observó que por arriba de niveles del 30% peso/peso en la fórmula, el valor máximo de estabilidad Marshall disminuyó.

También se observó que con un máximo de 30% peso/pe-

so de RAP con la granulometría utilizada en este trabajo, se mantuvo la resistencia a la formación de roderas medida por rueda cargada APA, dicha resistencia se mantuvo en niveles comparables al diseño de mezcla en caliente utilizando únicamente betún modificado con polímero, y en ambos casos, mejores resultados comparados con el diseño de mezcla en caliente con betún virgen. No obstante, cuando el contenido de RAP se incrementó a 40% peso/peso, el incremento en formación de rodera fue mayor que el observado con la mezcla formulada con betún virgen, como se mostró en la figura 9.

Una condición necesaria para el uso adecuado de RAP es su control granulométrico, porque de otra forma, los comentarios hechos en los párrafos anteriores no tienen lugar, ya que la resistencia a la formación de roderas alcanza niveles por fuera de la especificación máxima permitida.

Finalmente, los resultados de las curvas de estabilidad Marshall en probetas hechas con dicha prensa, mostraron que se requiere menor contenido de betún modificado para obtener valores superiores de estabilidad Marshall, comparado con las mezclas formuladas con betún virgen. Algo similar se observó en probetas para fatiga dinámica moldeadas con compactador giratorio, con una forma parabólica con concavidad hacia abajo, y valores mayores de ciclos de fatiga en los especímenes formulados con betún modificado, como se observa en las figuras 10 y 11.

Pasando a la segunda parte de este trabajo, nuevos betunes modificados formulados con una nueva generación de elastómeros tipo SBS de alto contenido vinílico fueron formula-

dos, observando que dichos polímeros confieren una resistencia mayor a la formación de roderas frente a betunes modificados con SBS convencionales. Estos nuevos betunes permiten manejar niveles del polímero de más del doble de concentración en los betunes modificados cuando se comparan frente a los SBS convencionales, sin incrementar la viscosidad de forma inoperable.

Las ventajas de estos nuevos materiales es que además de incrementar la resistencia estructural vuelven al betún altamente elástico y flexible. Estas características permiten formular mezclas en caliente de alto módulo, que pueden competir en resistencia estructural frente a pavimentos de concreto hidráulico y a las cuales se les conoce como betunes de alto módulo.

Debido a que estos nuevos SBS de alto vinilo no incrementan sustancialmente la viscosidad es posible utilizarlos en otras aplicaciones como por ejemplo en emulsiones de betún modificado para formular materiales de rehabilitación altamente elásticos, mejorando con ello la recuperación elástica y la durabilidad.

5. CONCLUSIÓN

La búsqueda de alternativas para mejorar las propiedades elásticas y flexibles del betún han llevado al uso de polímeros. En este trabajo se utilizaron dos tipos de polímero de las diferentes familias que se pueden sintetizar en el grupo de elastómeros de estireno-butadieno del tipo SBS. Por un lado, un SBS convencional con contenidos de fracción vinílica en torno al 11% peso/peso, el cual se usó para modificar un betún virgen para mejorar sus propiedades de grado de desempeño PG, el reforzamiento del betún (medido a través del módulo de corte reológico); y también el reforzamiento de la mezcla en caliente formulada con este tipo de betún (medido con pruebas de estabilidad Marshall y deformación permanente con rueda cargada).

No obstante, buscando aplicaciones sustentables, estas mejoras en las propiedades antes mencionadas permiten utilizar materiales reciclados como el RAP; sin embargo, la investigación permitió delimitar algunas condiciones necesarias para que el RAP permita ser utilizado como un agregado que suma al aporte estructural de la mezcla en caliente cuando se combina con el betún modificado, una de estas condiciones es el control adecuado de la granulometría; y por otro lado, la previa determinación de contenido máximo de RAP que brinde los

valores mayores de estabilidad Marshall y de resistencia a la formación de roderas.

La investigación permitió ver que existe un contenido máximo de RAP con un control granulométrico propuesto en base a la recomendación AMAAC, combinado con el betún modificado y el agregado pétreo para dar los valores máximos de reforzamiento estructural de la mezcla en caliente una vez compactada; y que la sinergia de ambos materiales permite lograr resultados sobresalientes cuando se compara frente a probetas formuladas con betún virgen sin RAP.

Por otro lado, este trabajo presenta un segundo caso donde se presentan otro tipo de elastómeros SBS de alto contenido de vinilo (en torno a 40% peso/peso), los cuales brindan propiedades superiores en el betún modificado porque pueden ser concentrados en el betún cuando se comparan contra los SBS de bajo contenido vinilo, manteniendo la viscosidad del betún en niveles procesables.

Lo que se persigue al concentrar el betún con estos nuevos materiales poliméricos es mejorar de forma substancial las propiedades elásticas del betún (como la recuperación elástica) y las propiedades flexibles (cumplimiento de la norma AASHTO M332), para brindar durabilidad a los pavimentos ante la formación de roderas, agrietamiento térmico y que puedan competir en resistencia frente al concreto hidráulico. Diversas investigaciones se han realizado con estos nuevos materiales poliméricos [15], no solo para incrementar el módulo estructural del pavimento sino su durabilidad.

La diversificación de usos de este tipo de betunes formulados con SBS de alto vinilo permite formular emulsiones de betún modificado que pueden ser utilizados en tratamientos de slurry seal para dejar capas de material bituminoso con alta resiliencia, flexible y elástico.

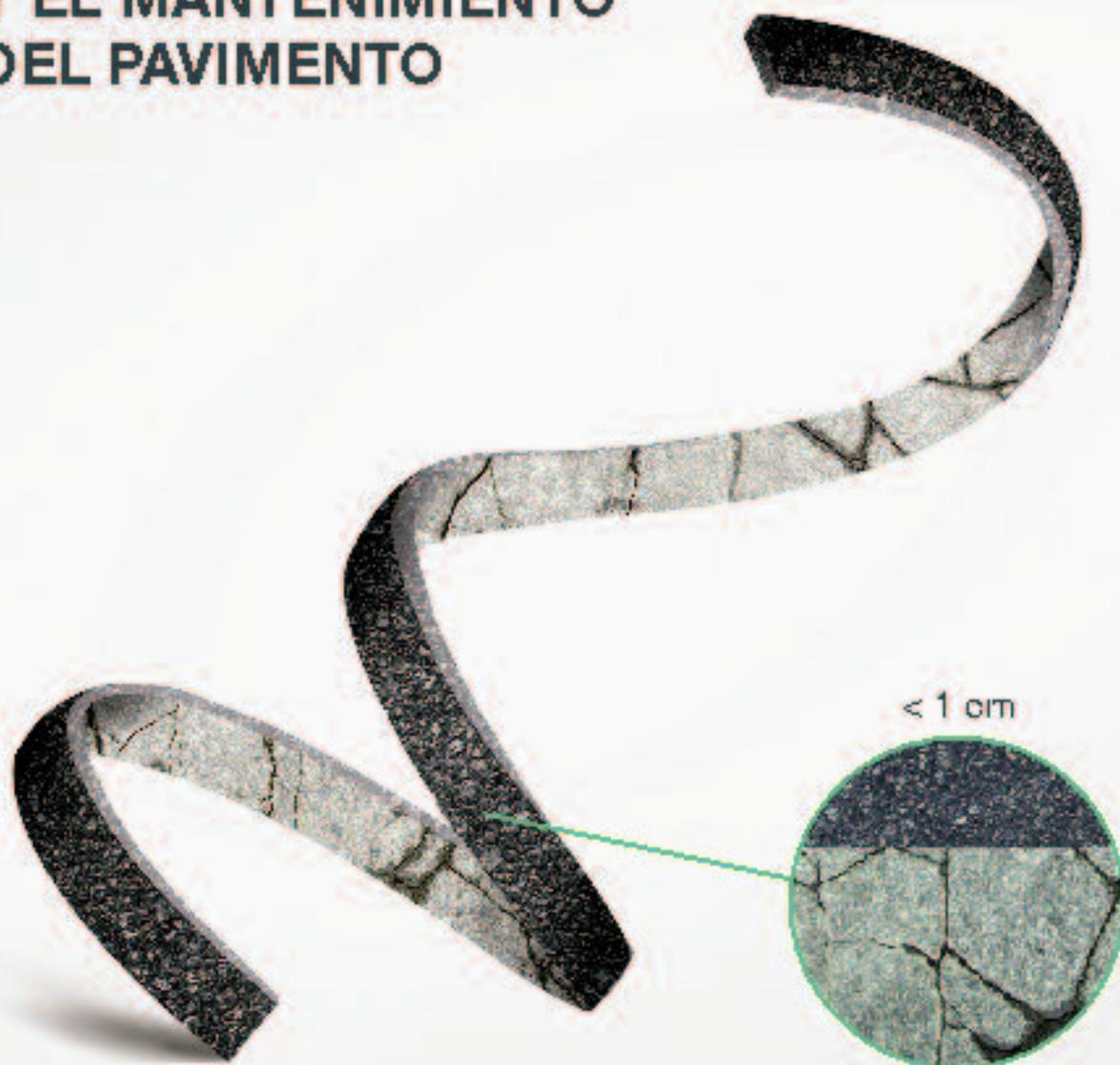
6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Asphalt Institute & Eurobitume (2015). The asphalt paving industry-a global perspective, Information series No. 230 (3rd. Edition), Lanham Maryland, USA.
- [2] HERNANDEZ, G, Medina, E., Sanchez, R. y Mendoza A. Energy & Fuels, 20 (2006) P. 2623-2626.
- [3] ZHU J., Birgisson, B. and Kringos, N., European polymer journal, 54 (2014). P. 18-38.
- [4] POLACCO, G., Filippi, S., Merusi, F. y Stastna, G., Advances in colloid and interface science, 224 (2015) P. 72-112.

- [5] LU, X., Isacson, U., y Elblad, J., Journal of materials in civil engineering 11-1 (1999). P. 51.
- [6] Federal Highway administration, USA (Abril 2016), Strategies for improving sustainability of asphalt pavements, FHWA-HIF-16-012. Referencia de internet: <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/sustainability/hif16012.pdf>
- [7] Miller, T.D., y Bahia, H. Sustainable asphalt pavements: technologies, knowledge gaps and opportunities, MARC, The University of Wisconsin Madison, USA. Febrero 2009. Referencia de internet: <https://uwmarc.wisc.edu/files/MARC-Sustainable-Asphalt-Pavements-white-paper.pdf>
- [8] ATTOH-OKINE, N, Martey, E., Alsahli, A. y Bouce, T., Asphalt rheology and strengthening through polymer binders, University of Delaware, USA, Noviembre 2016. Referencia de internet: https://www.researchgate.net/publication/324128460_Asphalt_Rheology_and_Strengthening_Through_Polymer_Binders
- [9] Sungho K., Byron T., Sholar, G. and Kim. J, Performance of Polymer-modified asphalt mixture with reclaimed asphalt pavement, Transportation research record of the transportation research board, 2126 (2009). P. 109-114
- [10] Torbjorn, J., Wenche, H., y Rabbira, G., Quality assessment of polymer modified bitumen-performance related test methods and field performance, presentación en el sexto congreso Euroasphalt & Eurobitume congress, Junio 2016, Praga, Checoslovaquia.
- [11] Publicación de recomendación de uso de material reciclado RAP publicado por la Asociación Mexicana del Asfalto (AMAAC). REA-15/2012, 1ra. Edición. México.
- [12] Hussein H.K., Hasan, H. J. y Haneen K. Y., Effect of modify asphalt with SBS polymer on mechanical properties of recycled pavement mixture, Global Journal of Engineering Science and research management, 39 (Julio 2018).
- [13] ASTM D2172/2172M-17, Standard test method for quantitative extraction of asphalt binder from asphalt mixtures. Volume 4.03
- [14] AASHTO M332, Specification for performance grade asphalt binder using multiple stress creep recovery (MSCR) test, USA, 2014.
- [15] Blazejowski, C., Wisniewska M., Peciakowski H. y Olszacki J., "The performance of highly modified binders for heavy duty asphalt pavements", Transportation Research Procedia, 14 (2016). 679-684.

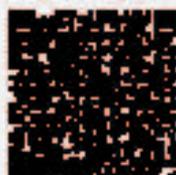
TRASUT-RA

**TECNOLOGÍA ULTRADELGADA
PARA LA REPARACIÓN
Y EL MANTENIMIENTO
DEL PAVIMENTO**



KAO TECHNICAL APPLICATIONS | SOLUTION PROVIDER

**TRASUT-RA, PAVIMENTO ULTRADELGADO.
ULTRA EFECTIVO**



Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

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

En esta entrega se recoge el listado de normas desde el 4 de marzo hasta el 30 de mayo de 2022.

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE- prEN 12595 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad cinemática
- **PNE- prEN 12596 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica por viscosímetro capilar al vacío
- **PNE-pr EN 12846-1 (Última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 1: Emulsiones bituminosas.
- **PNE-pr EN 12846-2 (Última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 2: Betunes fluidificados y fluxados.
- **PNE-pr EN 12847 (Última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación de la tendencia a la sedimentación de las emulsiones bituminosas.
- **PNE-pr EN 12850 (Última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del pH de las emulsiones bituminosas.
- **PNE- prEN 14023 (Última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Estructura de especificaciones de los betunes modificados con polímeros
- **PNE- prEN 14770 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase usando un reómetro de corte dinámico (Dynamic Shear Rheometer (DSR))
- **PNE- prEN 14771 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia a la flexión. Reómetro de flexión (BBR)
- **PNE- prEN 14769 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Acondicionamiento pro envejecimiento a largo plazo acelerado usando un recipiente de envejecimiento a presión (PAV)
- **PNE-pr EN 17643 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación de la temperatura del módulo de corte equidistante utilizando un reómetro de corte dinámico (DSR). Ensayos BTSV

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

NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE-EN 12697-14 (Publicada marzo 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 14: Contenido de agua
- **UNE-EN 12697-19 (Publicada marzo 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 19: Permeabilidad de las probetas
- **UNE-EN 12697-20 (Publicada marzo 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 20: Ensayo de indentación utilizando probetas cúbicas o Marshall
- **UNE-EN 12697-21 (Publicada marzo 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 21: Ensayo de indentación utilizando probetas planas

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

NORMATIVA PUBLICADA (continuación)

- **UNE-EN 12697-29 (Publicada marzo 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 29: Determinación de las dimensiones de las probetas bituminosas
- **UNE-EN 12697-34 (Publicada marzo 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 34: Ensayo Marshall
- **UNE-EN 12697-39 (Publicada marzo 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 39: Contenido de ligante por ignición
- **UNE-EN 12697-42 (Publicada abril 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 42: Cantidad de materia extraña en asfalto recuperado
- **UNE-EN 12697-45 (Publicada abril 2022)** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 45: Ensayo de rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 12272-1 (última publicación año 2002).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Tratamientos superficiales. Métodos de ensayo. Parte 1: Índice y regularidad de la dispersión del ligante y de las gravillas
- **PNE-prEN 12272-3 (última publicación año 2003).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Tratamientos superficiales. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación de la adhesión entre ligante y árido por el método de ensayo de choque de la placa Vialit.
- **PNE-prEN 12697-4 (última publicación año 2015).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Recuperación de betún: Columna de fraccionamiento
- **PNE-EN 12697-7 (última publicación año 2014).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 7: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas mediante rayos gamma
- **PNE-EN 12697-15 (última publicación año 2003).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 15: Determinación de la sensibilidad a la segregación
- **PNE-EN 12697-22 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Ensayo de rodadura
- **PNE-EN 12697-26 (última publicación año 2018).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-EN 12697-28 (última publicación año 2001).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 28: Preparación de muestras para la determinación del contenido de ligante, contenido de agua y granulometría
- **PNE-EN 12697-33 (última publicación año 2019).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa
- **PNE-EN 12697-36 (última publicación año 2003).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 36: Determinación del espesor de pavimentos bituminosos
- **PNE-EN 12697-37 (última publicación año 2003).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 37: Ensayo de arena caliente para determinar la adhesividad del ligante sobre la gravilla preenvuelta para HRA
- **PNE-prEN 12697-38 (última publicación año 2006).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 38: Equipos comunes y calibración
- **PNE-EN 12697-40 (última publicación año 2013).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 40: Drenabilidad in situ
- **PNE-prEN 12697-41 (última publicación año 2014).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 41: Resistencia a los fluidos de deshielo
- **PNE-EN 12697-43 (última publicación año 2014).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 43: Resistencia a los combustibles.
- **PNE-EN 12697-46 (última publicación año 2013).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 46: Fisuración y propiedades a baja temperatura mediante ensayos de tracción uniaxial
- **PNE-prEN 12697-47 (última publicación año 2011).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 47: Determinación del contenido de cenizas de los asfaltos naturales

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-EN 12697-48 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 48: Adherencia entre capas
- **PNE-EN 12697-49 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 49: Determinación del rozamiento tras el pulido
- **PNE-CEN/TS 12697-50 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 50: Resistencia al desgaste
- **PNE-EN 12697-53 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 53: Incremento de la cohesión por el método de la esparsión
- **PNE-EN 12697-54 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-EN 12697-55 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 55: Evaluación organoléptica de la compatibilidad de los materiales constituyentes de una mezcla con emulsión de betún
- **PNE-EN 12697-56 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 56: Preparación de muestras mediante compactación estática
- **PNE-EN 13036-5 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-EN 13108-31 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- **PNE 41210 (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Métodos de ensayo para mezclas bituminosas. Resistencia estructural y a la fisuración por fatiga con UGR-FACT
- **PNE 41265-2 IN (norma nueva).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 2: Prefisuración de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 932-3 (última publicación año 2004).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada
- **PNE-prEN 933-1 (última publicación año 2012).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método de tamizado
- **PNE-EN 933-2 (última publicación año 1999).** ESTADO: **TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 933-5 (última publicación año 1999). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de partículas trituradas en áridos naturales gruesos e integrados
- **PNE-prEN 933-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 6: Evaluación de las características superficiales. Coeficiente de flujo de los áridos
- **PNE-EN 933-9 (última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno
- **PNE-prEN 933-11 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 11: Ensayo de clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados.
- **PNE-prEN 1097-1 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (Micro-Deval)
- **PNE-EN 1097-6 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua
- **PNE-prEN 1097-7 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 7: Determinación de la densidad real del filler. Método del picnómetro
- **PNE-EN 1744-4 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 4: Determinación de la sensibilidad al agua de los materiales de relleno para mezclas bituminosas
- **BS-EN 16236 (Norma nueva). ESTADO: BAJO REVISIÓN EN 2018 EN BSI** Assessment and Verification of the Constancy of Performance (AVCP) of aggregates. Type testing and Factory Production Control.
- **PNE-CEN/TS 17438 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Origen de los materiales considerados en el desarrollo de las normas de áridos del CEN/TC 154
- **PNE-prEN 17555-1 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Áridos para obras de construcción. Parte 1: Características
- **PNE-prEN 17555-2 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Áridos para obras de construcción. Parte 2: Información complementaria
- **PNE-146316 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Declaración de prestaciones digital para áridos conforme a las Normas EN 12620, 13139 y 13043

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Se han incorporado a revisión las siguientes normas de ensayo de ligantes:

- Normas para la determinación de la viscosidad cinética y dinámica EN 12595 y EN 12596 respectivamente
- Normas para la valoración de los ensayos reológicos EN 14770 y EN 14771 (DSR y BBR), así como para valorar el envejecimiento de los betunes a partir del método PAV según la norma EN 14769

Los movimientos que se han producido dentro del Comité de Mezclas Bituminosas han sido los siguientes:

- Publicación de las siguientes Normas EN 12697-14, 19, 20, 21, 29, 34, 39, 42 y 45
- Se ha incorporado en la relación de normas en proyecto una norma UNE sobre el método de ensayo UGR-FACT para la determinación de la resistencia estructural y a la fisuración como norma UNE 41210

NOTA TÉCNICA NT 01/2022

Utilización del Ensayo Fénix en el control de calidad de las obras de firmes con mezclas bituminosas

Son varios los métodos de ensayo que se disponen para valorar las características de las mezclas bituminosas que de una forma u otra representan las propiedades del desempeño deseado, considerando un equilibrio entre todas ellas.

Esta Nota Técnica se ha elaborado con la colaboración y aportación de los Servicios Centrales y las Demarcaciones de la Dirección General de Carreteras con el objetivo de profundizar en el conocimiento del comportamiento de las mezclas a diferentes temperaturas, en lo referente a su resistencia frente a la propagación de fisuras, su ductilidad y su energía de cohesión interna, para de esta forma caracterizar la resistencia y deformabilidad. Los resultados obtenidos podrán ser considerados para su empleo en el diseño de mezclas.

El método de ensayo a emplear corresponde al “Ensayo Fénix” desarrollado por la Universidad Politécnica de Cataluña y normalizada por el CEDEX mediante la norma NLT 383/20 empleado para determinar la resistencia y deformabilidad a diferentes temperaturas.

Las conclusiones de las diversas experiencias donde se aplique el método de ensayo servirán para establecer los límites adecuados tanto a firmes de nueva construcción como rehabilitados, también servirá para valorar las mezclas que incorporen material reciclado y evaluar aspectos ligados a su rigidez.

El alcance debe cubrir todo tipo de actuaciones y circunstancias para posteriormente los resultados ponerlos a disposición de la comunidad científica dedicada al estudio de las mezclas bituminosas y su comportamiento.

En la Nota Técnica se adjunta un anejo preparado por los doctores Félix Pérez y Rodrigo Miró catedráticos de la Universidad Politécnica de Cataluña sobre la aplicación del método de caracterización y control de ejecución de mezclas bituminosas mediante el ensayo Fénix.

El principal objetivo de la Nota Técnica es iniciar la aplica-

ción de la norma NLT en las mezclas para obras de nueva construcción o en rehabilitación con el objetivo de tomar experiencia sobre su aplicabilidad y su posible incorporación en las especificaciones.

Para conseguir una recopilación de datos, se ha definido un programa de actuación para las distintas fases de ejecución de las obras aplicando el Ensayo Fénix, y para ello se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Para el estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo se incluirán los resultados del ensayo Fénix a las temperaturas de 20, 5 y -5 °C señalando los valores de:

- ITR: Indicador de Rigidez a Tracción (MPa/mm)
- RT: Resistencia a Tracción (MPa)
- DT: Desplazamiento de tenacidad (mm)
- T: Tenacidad (J/cm²)
- S: Superficie transversal de carga (mm²)
- La curva de características Fénix

Para el control de fabricación se definirá como lote, la cantidad de muestra extendida y compactada por capa en una jornada de trabajo y sobre cada lote se determinará la curva Fénix a partir de un mínimo de cuatro muestras por cada temperatura de ensayo. Las curvas se deberán haber obtenido con el mismo procedimiento de compactación y sobre mezcla recién fabricada y nunca recalentada

Control de recepción de la unidad terminada de cada lote se extraerán tres grupos de dos testigos tomados de tres zonas equidistantes del tramo. Estos testigos proporcionarán cuatro muestras por zona que se ensayarán a 5 y 20 °C.

Teniendo en cuenta la experiencia hasta ahora, se incluye en esta Nota una serie de valores límites para diferentes tipos de mezclas y fases de la obra para las correspondientes características mecánicas. Se han excluido las mezclas de alto módulo y las drenantes.

Secciones fijas

Fase de Obra	Característica mecánica	Temperatura de ensayo	Ud.	Tipo de Mezcla	
				AC (1)	BBTM, SMA (2)
Fórmula de trabajo (FT) (3)	DT	5°C	mm	≥ 0,25	≥ 0,5
	RTxDT	5 y 20°C (4)	MPa mm	≥ 0,20	≥ 0,30
Fórmula de fabricación (F)	DT, respecto a FT	5°C	%	≥ 90	≥ 80
	RTxDT, respecto a FT	5 y 20°C (4)	%	≥ 80	≥ 90
Control sobre testigos	DT, respecto a F	5 y 20°C (4)	%	≥ 65	
	RTxDT, respecto a F	5 y 20°C (4)	%	≥ 80	

(1): Referidas a probetas son recalentar compactadas por impacto, 75 golpes por cara

(2): Referidas a probetas son recalentar compactadas por impacto, 50 golpes por cara

(3): Datos obtenidos sobre probetas fabricadas en laboratorio

(4): Se determinarán los valores a ambas temperaturas para todas las mezclas, pero en el caso de las mezclas AC el valor de referencia será a 5° C para mezclas con betunes 50/70 y betunes modificados PMB 45/80-(60-65-75); y a 20°C para mezclas con 35/50 y PMB 25/55-65

Mirando al pasado

Documento publicado en noviembre - diciembre de 1974.



Boletín Roáis
PRODUCCIÓN ASFÁLTICOS S. A. - PROM. INT. DE AMÉRICA - TEL. 415 01 50 - MADRID 2

VOLUMEN III.—Pág. 161

COMENTARIO DE ACTUALIDAD



Escribimos este comentario a mediados de noviembre, es decir, dentro de lo que, cronológicamente al menos, se ha venido habitualmente llamando en el campo de construcción de carreteras, final de la temporada. Sin embargo, aunque cronológicamente, tal como acabamos de decir, lo sea, el «fin de temporada» no se acusa en cuanto a actividad de forma tan visible como solía hacerlo en tiempos pasados. Se confirma y se refuerza lo que ya hemos comentado en ocasiones parecidas en los últimos años, de que la temporada española de actividad en las obras de carreteras va alargándose cada vez más, gracias fundamentalmente al convencimiento alcanzado por los constructores de que nuestro clima permite continuar las actividades de construcción de pavimentos asfálticos prácticamente durante todo el invierno, salvo en zonas y momentos excepcionales. Claro está que también contribuye a esta benéfica reducción de la acentuada estacionalidad de la construcción de pavimentos asfálticos el apreciable incremento del volumen de obra, que hace que los constructores encuentren escasas las fechas disponibles para la realización de sus trabajos, por lo que, haciendo de la necesidad virtud, aprovechan todos los días razonablemente posibles dentro del año para ejecutar sus obras.

En este comentario, que corresponde al último boletín del año, parece también adecuado hacer una referencia a la evolución del consumo nacional de aglomerado asfáltico. Es a todas luces evidente que el empleo de este material se ha generalizado de tal forma que, cuando se habla de pavimentos asfálticos, ya todo el mundo piensa fundamentalmente en el aglomerado asfáltico en caliente, relegando a los aglomerados en frío y a los tratamientos superficiales de diversos tipos, al papel secundario que normalmente les corresponde en todos los países desarrollados. La situación ha cambiado mucho, evidentemente, de diez años a esta parte, entre otras cosas, en cuanto al equipamiento de los constructores se refiere, pues si en esa época pasada a la que nos referimos eran contados los constructores de carreteras que tenían plantas de aglomerado, incluso entre los considerados como muy importantes, hoy el número de plantas ha crecido de una forma tan notable que la situación ha cambiado de signo por completo, de forma que prácticamente no hay constructor de carreteras grande ni mediano que no tenga al menos una planta de aglomerado de algunas de las marcas reconocidas, y en excelente estado de funcionamiento.

Esta abundancia de equipos suscita a veces, entre los pesimistas, el temor de lo que podría pasar en un futuro inmediato si disminuyera el ritmo de actividad en construcción de carreteras. Nuestra respuesta es siempre la misma: el ritmo de construcción de carreteras no puede disminuir por ningún motivo que no sea una auténtica catástrofe nacional. Esta actividad de construir más y mejores carreteras es una de las pocas en que el disfrute crea la necesidad, de tal forma que cuanto más se construye, más necesidad se crea de seguir construyendo, por lo que sin duda hay que esperar que en el año 1974 el abundante parque español de plantas de aglomerado asfáltico trabaje tanto o más que en el muy activo año 1973, en beneficio de nuestra red de carreteras y, en último término, de la economía del país.



LA
CARRETERA
DEL
FUTURO

Calendario de eventos

AÑO 2022		
21-22 de junio ASEFMA	XII Jornada Técnica de ASEFMA #XIIJornadaTécnicaASEFMA	Madrid (España) www.asefma.es
21-23 de junio	3rd Conference on Testing and Experimentation in Civil Engineering (TEST&E 2022)	Lisboa (Portugal) https://sites.google.com/fct.unl.pt/teste2022en/programme
26-29 de junio CONSULPAV	Rubberized Asphalt. Asphalt Rubber	Málaga (España) www.consulpav.com/rar2022
26-29 de junio PIARC	6º Simposio Internacional de Diseño Geométrico de Carreteras	Amsterdam (Países Bajos) www.piarc.org
5-7 de julio PCR	X Congreso Portugués de Carreteras y Ferrocarriles	Lisboa (Portugal) https://crp.pt/index.php/eventos/10o-congresso-do-crp/
12-14 de septiembre PIARC	9º Symposium on Pavement Surface Characteristics	Milán (Italia) www.piarc.org
19-21 de septiembre PIARC	Congreso ITYS de Europa Central y Oriental	Kazán (Rusia) www.piarc.org
18-22 de septiembre PIARC	Congreso Mundial ITS	Los Ángeles (EUA) www.piarc.org
20-21 de septiembre	Internacional Conference Asphalt 4.0 (ICA 4.0) #ICA4point0	Madrid (España) www.asefma.es
21-23 de septiembre AMAAC	Seminario internacional del asfalto	Mejico (EUA) www.amaac.org.mx
11 de octubre	Día Mundial de la Carretera #DiaMundialdeCarretera	En línea http://worldroadday.org/
24-30 de octubre BAUMA -	33rd Edition of the World's Leading Trade Fair for Construction Machinery, Building Material Machines, Mining Machines, Construction Vehicles and Construction Equipment	Munich (Alemania) https://bauma.de/en/trade-fair/current-information/
25-28 de octubre PIARC	2ª Conferencia Internacional de PIARC sobre la explotación y la seguridad de los túneles	Granada (España) www.atc-piarc.com
26-27 de octubre ASEFMA	XVII Jornada de Asefma #XVIIJornadaAsefma	Madrid (España) www.asefma.es
10 de noviembre ATEB	V Jornada Nacional de ATEB	Madrid (España) www.ateb.es
14-15 de noviembre EUROBITUMEN	E&E EVENT 2022 EURASPHALT & EUROBITUMEN #eeevent2022	Viena (Austria) www.eeevent2022.org
20-25 de noviembre CILA	XXI CILA Punta del Este #XXICILA	Punta del Este (Uruguay) https://cilaxxi.uy

AÑO 2023		
5-8 de enero TRB	2023 NAPA Annual Meeting	Washington DC (EUA) www.trb.org
25-29 de junio PIARC	Concrete Roads 2023	Cracovia (Polonia) www.piarc.org
2-6 de octubre NAPA	27th World Road Congress	Praga (República Checa) www.eapa.org



JUNIO 2022

Pavimentos asfálticos de ALTAS PRESTACIONES

ADVANTAGE 75: Asphalt the ideal choice for airport runways #AsphaltAdvantages

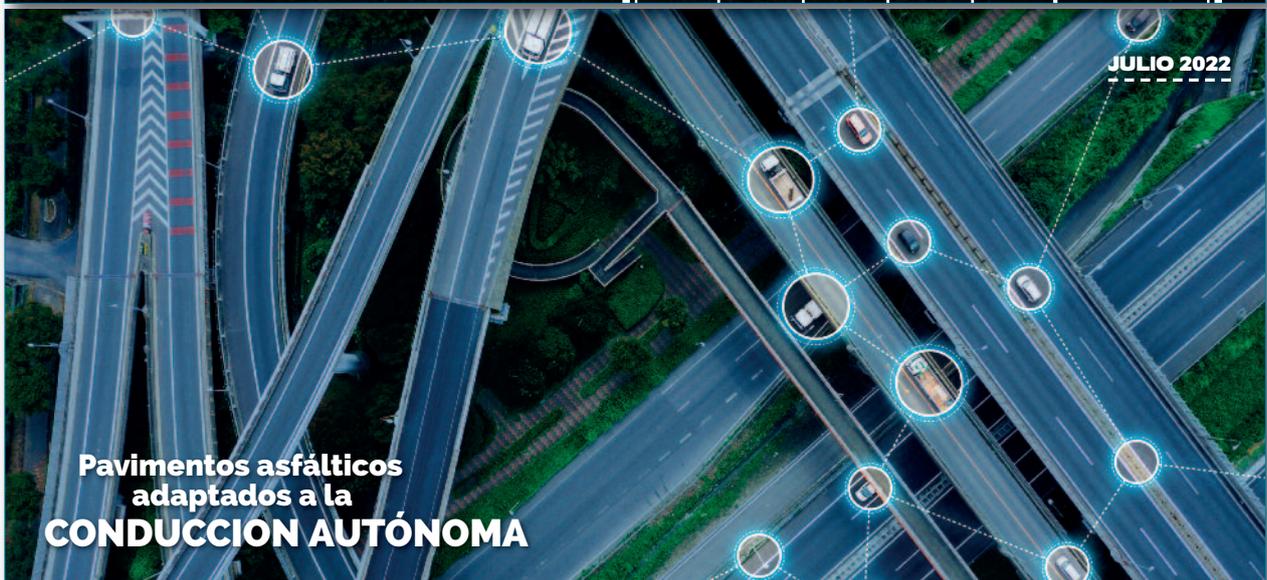
Reforzamos el firme, reducimos las emisiones ➔

JUNIO 2022

Colaboran:   

[/asefma](#) [@asefma_es](#) [/company/asefma](#) [@asefma](#)

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			



JULIO 2022

Pavimentos asfálticos adaptados a la CONDUCCION AUTÓNOMA

ADVANTAGE 53: Easy on the eye, safer on the road #AsphaltAdvantages

Reforzamos el firme, reducimos las emisiones ➔

JULIO 2022

Colaboran:   

[/asefma](#) [@asefma_es](#) [/company/asefma](#) [@asefma](#)

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

Noticias del sector

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

Francisco Lucas: nuevo presidente de Eurobitume

Eurobitume informa que D. Francisco Jose Lucas Ochoa, Director de Desarrollo de Negocio de Asfaltos y Asistencia Técnica de Repsol, ha sido elegido Presidente de Eurobitume en la Junta General Anual de la Asociación.

Francisco Jose (Curro) Lucas, experimentado profesional de la industria del betún y del asfalto, ocupaba hasta ahora el cargo de vicepresidente de Eurobitume, asumiendo el cargo del, hasta ahora, presidente Frank Biel de la empresa Total Energies.

Durante su mandato de un año como presidente, las prioridades de Francisco Jose incluyen destacar las credenciales del betún como material de construcción sostenible; garantizar que Eurobitume continúe satisfaciendo las necesidades de sus miembros y partes interesadas en un entorno dinámico; y apoyando la entrega del tan esperado segundo evento E&E, que tendrá lugar en Viena en noviembre de 2022.

También se centrará en la importancia de una comunicación eficaz, para que se escuche la voz de la industria del betún, y siga posicionando a Eurobitume como la primera referencia de betún en Europa.

Desde el Comité de Redacción de la Revista Asfalto y Pavimentación, queremos agradecer y nos sentimos muy orgullosos de poder tener a Curro Lucas como la persona que representa a España fuera de nuestras fronteras.

Los fabricantes de asfalto españoles consideran adecuadas las modificaciones al decreto que establece medidas excepcionales en materia de revisión de precios en los contratos de obras públicas

La Junta Directiva de ASEFMA valora favorablemente el recién publicado Real Decreto-ley 6/2022 de 29 de marzo por el que se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania y que modifica las medidas excepcionales en materia de revisión de precios en los contratos públicos de obras publicadas en el Real Decreto-ley de 3/2022. La posición de los máximos representantes del sector del asfalto en España es unánime: señalan que el gobierno reconoce el alza extraordinaria e imprevisible del coste de las materias primas y combustibles durante 2021 y consideran adecuadas las medidas de compensación para su aplicación en la mayor parte de las obras.

“Más del 50% del coste de la fabricación y extendido de mezclas asfálticas está ligado a la evolución del precio del petróleo cuyo precio se ha duplicado en 2021 arrastrando al precio del betún que se ha multiplicado por 1,8; el del gas por 3,5; y el del fuel por 2,2” explican desde la patronal. “Ello ha supuesto un incremento del 20-30% de los costes en todas las obras licitadas por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana en el 2021, lo que estimamos en un sobrecoste de 25-40 millones de euros”.

El sistema fijado por el reciente Real Decreto-ley 6/2022 corrige las medidas adoptadas en el Real Decreto-ley de 3/2022 cuyos requisitos, metodología y procedimiento de cálculo impedían que la mayor parte de las obras licitadas desde el último trimestre de 2020 pueda acogerse a las condiciones del Real Decreto-ley, para que prácticamente en todas se pueda aplicar la revisión.

En concreto, el Real Decreto-ley 6/2022 amplía la fase de contrato para la aplicación de la norma, extiende el período de aplicación del umbral de revisión de precios, mejora los criterios de cálculo de dicho umbral y prorroga la fecha límite de reclamación:

1. La revisión de precios aplica a los contratos públicos de obras en ejecución, licitación, adjudicación o formalización a la entrada en vigor de este real decreto-ley, o cuyo anuncio de adjudicación o formalización se publique en la plataforma de contratación del sector público en el período de un año desde la entrada en vigor de este real decreto-ley.
2. El cálculo del incremento de costes se efectuará suprimiendo de la fórmula aplicable al contrato los términos que representan los elementos de coste distintos de los antes citados e incrementando el término fijo.
3. La revisión excepcional de precios se aprobará, en su caso, por el órgano de contratación previa solicitud del contratista, que deberá presentarla durante la vigencia del contrato y antes de la aprobación por el órgano de contratación de la certificación final de obras.

El Día Internacional de la Conservación de Carreteras IRMD 2022 promueve el mantenimiento de carreteras como medida para preservar el medio ambiente

El pasado 7 de abril, bajo el lema "Conservar las carreteras es preservar el medio ambiente", se celebró el Día Internacional de la Conservación de Carreteras (IRMD 2022, por sus siglas en inglés). Una jornada mundial de reflexión y sensibilización sobre el impacto del estado del pavimento en las emisiones de gases contaminantes procedentes del transporte por carretera y, en este sentido, la Asociación Española de la Carretera (AEC) a iniciativa del presidente de ASEFMA y EAPA, Juan José Potti, incluyó una mesa redonda en el V Congreso Andaluz de Carreteras dedicada exclusivamente a la conservación de carreteras.

Ocho ponentes tuvieron la oportunidad de exponer sus ideas sobre conservación de carreteras, movilidad inteligente, sostenibilidad de pavimentos y criterios ambientales y sociales en el diseño de carreteras. La mesa estuvo coordinada

por Juan José Potti, quien presentó la evolución del Día Internacional de la Conservación de Carreteras desde su primera celebración en abril de 2019, el valor de las carreteras como infraestructura esencial y el proyecto EMIPAV dedicado al análisis del impacto real de las estrategias de rehabilitación de firmes en el consumo de combustible y en las emisiones generadas por los vehículos que circulan por dichos pavimentos.

Dicho encuentro estuvo representado por ponentes de la talla de Xavier Flores, secretario general de Infraestructuras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA); Cristine Leroy, directora técnica de Routes de France; Anders Hundahl, CEO de la asociación danesa de pavimentos asfálticos Asfaltindustrien; Javier Herrero, director general de carreteras del MITMA; Enrique Catalina, director general de infraestructuras de la Junta de Andalucía; Javier Piedra, director de carreteras de la Diputación Provincial de Valencia; y Ángel Sampedro, director del área de ingeniería de la Universidad Alfonso X El Sabio.

La mesa redonda estuvo retransmitida gratuitamente desde la plataforma de itafec y desde su aplicación para móviles PDV by itafec, disponible en la App Store y Google Play.

Juan José Potti renueva su mandato como presidente ejecutivo de ASEFMA hasta 2026

El pasado mes de febrero la Asociación de Prensa de Madrid, acogió la Asamblea General de ASEFMA donde Juan José Potti renovó su mandato al frente de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfáltica durante los próximos cuatro años.

El equipo de gobierno que le acompañó en este período estuvo formado por Eduardo Fernández de Eiffage Infraestructuras, como vicepresidente primero; José Manuel Lorente, de Probisa Eurovia, como vicepresidente segundo; Jesús Guillén, de Pavasal, como tesorero; Vicente Meseguer, de CHM Obras e Infraestructuras, como secretario; y Francisco Díaz, de Padecasa, como interventor. La Junta directiva se completa con once vocales: Antonio Alvargonzález, de Alvargonzález; Eidgo García, de Virton; Eduardo Vara, de Collosa; Fernando García, de Campezo; Francisco Carrera, de Gévora; Gregorio Javier González, de Hergonsa; Javier Camero, de Tecnofirmes Jordi Alvareda, de Vialex; Mateo Velasco,

de Asfalpasa; Manuel Monolío, de Becca; y Tomás Enfedaque, de Pabasa.

Tras su renovación como presidente ejecutivo expresó que en el nuevo cuatrienio espera “consolidar el crecimiento de un sector que es clave para reducir las emisiones generadas en el transporte por carretera” y señaló las tres grandes líneas que conforman la hoja de ruta de su nueva “legislatura”:

- Compromiso verde: desarrollo del proyecto de investigación EMIPAV que evalúa el impacto real del pavimento sobre consumo de combustible y emisiones asociadas
- Compromiso con la innovación: divulgación de conocimiento a partir de publicaciones y eventos técnicos
- Compromiso con la digitalización en el sector de la pavimentación asfáltica: apoyo a los socios en la implantación de procesos y tecnologías del asfalto 4.0

Se abre el período de inscripciones y envío de resúmenes técnicos para el Congreso Internacional sobre Asfalto 4.0

ASEFMA y ZAS, con la colaboración de EAPA, anuncian el lanzamiento del Congreso Internacional sobre Asfalto 4.0 (International Conference on Asphalt 4.0) y convocan a empresas, laboratorios de control de calidad, universidades, centros tecnológicos y administraciones públicas a presentar resúmenes de sus proyectos y trabajos técnicos.

El debate sobre asfalto 4.0 vuelve a tener como epicentro la ciudad de Madrid. Los días 20 y 21 de septiembre se dará continuidad a la jornada sobre la transformación digital del sector que la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) lanzó en mayo de 2020. En esta ocasión, ASEFMA organiza junto a su homóloga eslovena ZAS y con el apoyo de la asociación europea de pavimentos asfálticos EAPA el Congreso Internacional sobre Asfalto 4.0 (ICA 4.0, por sus siglas en inglés).

El congreso se desarrollará durante dos jornadas, en la que los participantes tendrán la oportunidad de aumentar sus conocimientos a través de un completo programa que incluye conferencias de expertos, comunicaciones y mesas redondas, así como un área (presencial y virtual) de exposiciones y sesiones de demostración de tecnologías.

El comité organizador ya ha abierto la convocatoria de resúmenes técnicos e invita a empresas, laboratorios de control de calidad, universidades, centros tecnológicos y administraciones públicas a presentar sus trabajos a este gran encuentro internacional del sector de la pavimentación asfáltica.

Los resúmenes deben enviarse antes del próximo 15 de junio de 2022 al correo electrónico asefma@asefma.com.es y deben incluir título de la comunicación, información de los autores (nombre y apellidos, entidad y correo electrónico) y un resumen no superior a las 700 palabras.

Desarrollado bajo el modelo de evento PDV (presencial+digital+virtual), el congreso ICA 4.0 se podrá seguir:

- de manera presencial, desde Madrid
- de manera digital, a través de streaming HD y redes sociales en el hashtag #ICA4point0
- de manera virtual, mediante la app #PDVbyitafec a través de la cual los asistentes podrán, entre otras cosas, interactuar entre ellos en tiempo real, seguir las conferencias y preguntar a los ponentes o visitar el área virtual de expositores.

El GT-6 de ASEFMA ha elaborado un documento sobre el proceso de verificación de descarga de betún en las plantas asfálticas para minimizar riesgos durante las operaciones

El grupo de trabajo VI (GT-6) de ASEFMA, dedicado a la seguridad y salud laboral, presenta los resultados del trabajo desarrollado durante los últimos meses para establecer un procedimiento de verificación de la descarga de betún en las plantas asfálticas que minimice el número de accidentes e incidentes durante esta operación.

Fabricantes de mezclas y proveedores de betún que integran el GT-6 de ASEFMA han trabajado durante los últimos meses en una metodología que permita la prevención de riesgos durante las operaciones de descargas de betún. El resultado obtenido se concreta en dos documentos: un permiso de descarga del betún y una lista de verificación de instalaciones, a los que ya han tenido acceso los socios de ASEFMA.

La lista de verificación para la descarga de betún en plantas asfálticas incorpora un listado de elementos y acciones

que comprobar en el vehículo, manejo y mantenimiento de tanques y tuberías, zona de descarga y equipos de protección individual, así como recomendaciones y verificaciones antes, durante y después de las operaciones de descarga del betún.

Por su parte el permiso de descarga del betún incluye apartados específicos a rellenar por el operador o supervisor de la planta asfáltica y por el conductor del camión referentes al producto, camión sistema, tanque de destino, instalaciones, posibles incidencias y acciones tomadas.

Ambos documentos, enviados a los socios y disponibles en formato editable, permiten la personalización de cada empresa mediante logos o imágenes adicionales.

El coordinador del GT-6 de ASEFMA, José Luis Peña, señaló durante la entrega de los documentos que "los fabricantes de mezclas y proveedores de betún que integran el grupo de trabajo han aportado interesantes ideas con visiones complementarias" y agradeció públicamente la colaboración de todos ellos. También recordó los documentos sobre prevención de riesgos redactados por el comité de seguridad, salud y medio ambiente (HSE, por sus siglas en inglés) de Eurobitume y disponibles online en español:

- Guía para el suministro seguro de betún • Ficha sobre manejo seguro del betún)
- Ficha sobre primeros auxilios en las quemaduras causadas por el betún
- Recomendaciones para reducir el riesgo de derrame
- Guía para duchas de seguridad

V Jornada Nacional ATEB

ATEB ha informado que el próximo día 10 de noviembre de 2022, regresa la V JORNADA TÉCNICA NACIONAL DE EMULSIONES BITUMINOSAS – ATEB, en el Campus de Alcobendas de la Universidad Europea de Madrid. Esta jornada será especial ya que se conmemora el 20 ANIVERSARIO de la constitución de ATEB.

La actual Presidenta de ATEB, Dña. M^a del Mar Colas ha definido a ATEB de la manera siguiente:

"La Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) es una asociación técnica vinculada al sector de la carretera que, desde su constitución en el año 2002, se ha dedicado a la defensa de los valores aportados por la Emulsión Bituminosa y las técnicas que conllevan su empleo en

la pavimentación de carreteras. El trabajo que se lleva a cabo desde ATEB tiene siempre un enfoque técnico y representa el liderazgo tecnológico de un sector que permite posicionar a las técnicas con emulsión, como alternativas viables en la construcción y mantenimiento de nuestras carreteras".

XXI CILA - del 21 al 25 de noviembre en Punta del Este (Uruguay)

La organización del XXI CILA y el 13º Congreso de la Vialidad Uruguaya sigue a excelente ritmo. El pasado 18 de abril finalizó el plazo para la entrega de resúmenes, y el número final de trabajos presentados fue de 353, contando con muy buena participación de Brasil, México, Argentina, Chile, España y Uruguay. Para el 13º CVU se presentaron 40 trabajos técnicos sobre transporte, seguridad vial y puentes, entre otros temas

El comité de técnico ha finalizado la evaluación de todas las postulaciones de trabajos recibidos de 23 países, de los cuales 351 han sido aprobados y formarán parte del material que se entregará en el congreso.

Más del 75% de los stands están ocupados por importantes empresas internacionales y se ha aumentado recientemente el área exterior para la exhibición de maquinaria.

Desde Asefma os animamos a participar en este encuentro internacional.

Lecturas recomendadas

Informe "High-performance Asphalt Pavements". EAPA. Marzo 2021.

El aumento en el transporte europeo de mercancías por carretera, el peso de los vehículos, la presión de los neumáticos y frecuencia la de los eventos climáticos extremos están deteriorando la red de carreteras europeas a un ritmo anormalmente rápido, acercándola al final de su vida útil y requiriendo operaciones de mantenimiento más frecuentes.

En este escenario desfavorable, el transporte por carretera es está experimentando una de las mayores revoluciones de su historia, con la llegada de nuevos usuarios, como los vehículos autónomos, eléctricos y de gran capacidad, que ayudarán a la humanidad a luchar contra el Cambio Climático y aumentar la seguridad vial.

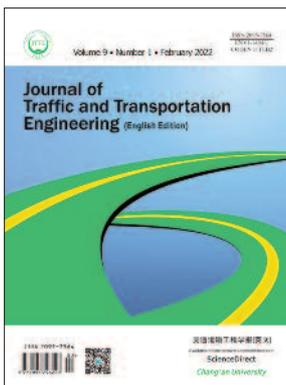
Sin embargo, todos estos nuevos vehículos pueden necesitar pavimentos con soluciones que tradicionalmente sólo se utilizaban en aplicaciones particulares. El presente trabajo recoge las principales tecnologías y criterios de diseño, que la industria del asfalto se desarrolló en los últimos años para soportar este tipo de tráfico, asegurando al mismo tiempo una adecuada durabilidad y seguridad en nuestras carreteras.

Se han editado dos versiones del documento, una resumida y otra más detallada.

El sector del asfalto está completamente preparado y tiene capacidad para dar apoyo al tráfico de estos vehículos nuevos mediante mejoras en las prestaciones de los pavimentos.



<https://eapa.org/eapa-position-papers/>



Publicación "New innovations in pavement materials and engineering: A review on pavement engineering research 2021". Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition) Volume 8, Issue 6, December 2021, Pages 815.

Estamos acostumbrados a que la mayor parte de las publicaciones científicas provengan de países occidentales pero la inversión en infraestructuras de carreteras de China ha generado un desarrollo tecnológico paralelo al que merece la pena prestar atención.

La publicación citada recoge gran parte de los retos que tiene el mundo de la pavimentación y realiza un exhaustivo análisis del estado del arte para cada uno de ellos.

La extensión de la publicación da buena cuenta de la cantidad de temas tratados y de la profundidad con la que se abordan.

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S209575642100101X?token=900DD82266C7FC146DF13713B11880D605AEA418AF00F2407EA385A4B45296EEDDC5E25527BD43E9B387E06FB1D30CEE&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220213221809>

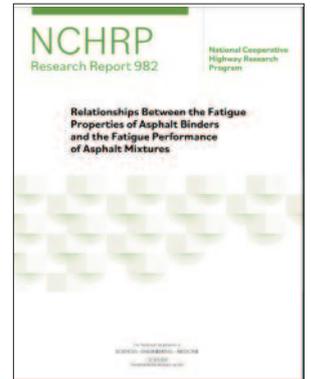
Informe “Relationships Between the Fatigue Properties of Asphalt Binders and the Fatigue Performance of Asphalt Mixtures”. NCHRP. 2022. 221 p.p.

El Proyecto de Investigación NCHRP 09-59 “Relating Asphalt Binder Fatigue Properties to Asphalt Mixture Fatigue Performance” abordó el análisis de la correlación de la fatiga de los ligantes bituminosos con la de las mezclas asfálticas.

Muchos ingenieros de pavimentos e investigadores creen que las especificaciones actuales del ligante asfáltico bajo criterios Superpave no predicen adecuadamente la contribución de las propiedades del ligante a las prestaciones a la fatiga de la mezcla asfáltica. Sin embargo, en la actualidad no existe un método alternativo claro para medir el rendimiento a la fatiga de los ligantes asfálticos y su contribución al rendimiento a la fatiga de la mezcla. Está ampliamente aceptado que el principal factor que afecta al comportamiento a la fatiga de los pavimentos asfálticos es el diseño estructural: el espesor de las distintas capas que componen el sistema de pavimento. Sin embargo, otros factores, incluyendo el contenido de ligante, el envejecimiento del ligante y las características químicas y físicas de los ligantes asfálticos utilizados en las capas del pavimento asfáltico, pueden afectar significativamente al comportamiento a la fatiga. Si las propiedades que influyen en la fatiga del ligante pueden ser identificadas, caracterizadas y especificadas eficazmente, puede ser posible especificar un ligante que pueda mejorar las propiedades de fatiga de la mezcla. Una especificación más eficaz del ligante requiere una o más pruebas de especificación que se relacionan de hecho con el rendimiento a la fatiga.

El proyecto de investigación que ha generado este informe ha durado más de 5 años y la cantidad y calidad de la información recogida en él da idea de la complejidad del estudio realizado.

<https://www.nap.edu/catalog/26302/relationships-between-the-fatigue-properties-of-asphalt-binders-and-the-fatigue-performance-of-asphalt-mixtures>





BD PAVE

Big Data for Smart Pavement Management

<https://www.bdpave.eu/>

La infraestructura vial se ve afectada principalmente por el tráfico y las condiciones climáticas. Para la caracterización de las cargas de tráfico es importante conocer los tipos de vehículos (turismos, camiones), su carácter individual (peso bruto, ejes) y su cantidad y velocidad. Dependiendo, por ejemplo, de la disponibilidad en tiempo real y la cantidad de esta información, se puede utilizar para la gestión del flujo de tráfico, para la planificación estratégica (análisis de deterioro del pavimento, análisis de colisión, análisis de vulnerabilidad) o ambos.

En combinación con otros datos, por ejemplo, condiciones meteorológicas, condiciones de calidad del aire, características y rendimiento de la superficie y el subsuelo, datos geométricos, antigüedad y tipo de pavimento, función de conexión, etc., los objetivos mencionados anteriormente de "gestión del flujo de tráfico" y "deterioro del pavimento". análisis' puede llevarse a otro nivel de calidad y confianza. Se están poniendo a disposición del público conjuntos de datos adicionales que, aunque no son "grandes", pueden brindar una mayor comprensión del papel y el rendimiento de los sistemas de transporte en nuestra sociedad. Esto incluye, por ejemplo: datos de población, económicos, de empleo y de salud. Este nivel de comprensión es necesario para proporcionar el caso de negocios para la inversión estratégica en infraestructura vial.

La terminología de 'big data' se usa en todo el mundo

para estrategias como estas, no solo para las necesidades de transporte. Los grandes datos se pueden definir como datos de gran volumen que a menudo se recopilan en tiempo real de varias fuentes. Esto implica una gran variedad de activos de información a menudo no estructurados que solo desarrollan su potencial e "inteligencia" con tecnología y métodos específicos. El nivel reciente de tecnología (que incluye detección, almacenamiento de datos, poder de procesamiento y métodos) permite una visión completamente nueva sobre el uso de los datos existentes y el acceso a nuevas fuentes de datos, incluidos los datos de fuentes múltiples. Incluso el crecimiento exponencial y la disponibilidad de datos ya no parecen ser un criterio decisivo.

Además de los ya grandes desafíos para almacenar, organizar y manejar big data, el desafío crucial es convertir big data en Smart Data, que son datos útiles, de alta calidad y seguros que se pueden usar en los procesos de gestión de activos.

El siguiente programa de iniciativa descrito tiene como objetivo examinar toda la cadena de procesos de convertir big data en información para lograr mejoras en la gestión de activos. Esto se realizará como múltiples pilotos enfocados en la "gestión de pavimentos basada en la condición" que muestren el valor agregado y la viabilidad de un enfoque de big data para abordar los desafíos de la ingeniería civil. Las estrategias, herramientas y procesos desarrollados se pue-



den utilizar para otras áreas de aplicación basadas en el transporte.

El Plan Estratégico Europeo de Investigación e Implementación de Carreteras y Cross-modal 2017 – 2020 (SERRP) de FEHRL se publicó en 2017 e identificó el Big Data como un tema de importancia para la investigación de carreteras en el futuro. Un grupo de miembros de FEHRL, decidió explorar las oportunidades que los grandes datos podrían brindar a las administraciones de carreteras en el diseño, la operación y la gestión de la red de carreteras. Finalmente, se decidió centrarse en el deterioro del pavimento de las carreteras, investigando formas de incorporar las técnicas de medición actuales y explorar conjuntos de datos adicionales que podrían usarse para predecir mejor el deterioro

de los pavimentos de las carreteras, brindando a las administraciones de carreteras mejores datos sobre el estado de los activos y permitiendo que se lleve a cabo el mantenimiento preventivo emprendido.

BAST ha asumido el liderazgo de este grupo y se ha desarrollado un plan de proyecto con paquetes de trabajo técnicos, administrativos y de difusión identificados. Si bien el enfoque se centra en los pavimentos de las carreteras, algunos de los paquetes de trabajo iniciales se centran en la gestión y el formateo de datos y serán útiles para futuras aplicaciones. Actualmente, los socios del proyecto están comprometiendo tiempo o los resultados de proyectos nacionales o de inversión existentes para abordar los primeros paquetes de trabajo.

PDV by itafec, la aplicación del V Congreso Andaluz de Carreteras

Del 6 al 8 de abril, en el Palacio de Exposiciones y Congresos de Granada, tuvo lugar la quinta edición del Congreso Andaluz de Carreteras organizado por la Asociación Española de la Carretera y promovido por la Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía. Este encuentro reunió a más de 600 técnicos de toda España aunando, en sus tres jornadas de trabajo, los grandes asuntos que, hoy por hoy, conciernen a las infraestructuras viarias: la transformación digital, el reto medioambiental y la disminución de la siniestralidad basada en la aplicación del Sistema Seguro.

El V Congreso Andaluz de Carreteras, puso a disposición de los participantes en este encuentro la aplicación **PDV by itafec**. Una herramienta que permite, desde un dispositivo móvil, la interacción entre los asistentes al evento, así como el acceso a todos los contenidos informativos del mismo. El objetivo de itafec, entidad que ha desarrollado esta aplicación, es ofrecer una experiencia inmersiva en realidad virtual (VR/2D), una experiencia que complementa y enriquezca la clásica modalidad presencial de las reuniones técnicas.

Más de 300 usuarios se registraron en la aplicación **PDV by itafec** y pudieron disfrutar de la experiencia de disponer de toda la información del V Congreso Andaluz de Carreteras desde su dispositivo móvil. Los organizadores de la mano de su partner tecnológico itafec pusieron a disposición de los asistentes un complemento que no solo reforzaba la parte técnica del Congreso, también lo hacía en la parte social.

Desde el punto de vista técnico la aplicación **PDV by itafec** ofrecía a todos los usuarios registrados información actualizada del Congreso, noticias, documentos técnicos que podían descargar a modo de "virtual bag" y notificaciones en tiempo real para avisar del comienzo de las sesiones o cambios de última hora.

Mención especial merece la sección de programa, que ofrecía a los usuarios la posibilidad de seguir la sesión desde su dispositivo móvil mientras consultaba el perfil del ponente e incluso se ponía en contacto con él a través de un chat privado, además de disponer de toda su información de contacto y

redes sociales. Las sesiones estaban categorizadas con palabras claves lo que facilitaba a los usuarios la posibilidad de seleccionar a través de las áreas temáticas las sesiones a las que querían asistir y configurar así su agenda.

Los expositores presentes en el hall del Palacio de Exposiciones y Congresos de Granada disponían también en la aplicación **PDV by itafec** de un espacio virtual en el que mostrar sus tecnologías e interactuar con los visitantes a través de un chat privado. Como en cualquier feria tradicional, los asistentes podían obtener información de los productos y servicios de las organizaciones expositoras visualizando y descargando la información disponible en el stand virtual.

Las comunicaciones técnicas que se presentaron en el V Congreso Andaluz de Carreteras disponían de un espacio en el que, previo a su presentación en el auditorio, los asistentes podían consultar el resumen de la comunicación. La sección de abstract de la aplicación PDV by itafec ofrece a los autores de los trabajos técnicos la posibilidad de interactuar con los asistentes y complementar con vídeos y documentos su investigación.

Por otro lado, **PDV by itafec** proporcionó información sobre las actividades previstas dentro del programa social, integrando mapas de geolocalización de los lugares en los que se desarrollaron las visitas culturales y las experiencias gastronómicas.

Para animar a los asistentes a usar la aplicación **PDV by itafec** se integró un sistema de gamificación por puntos. Acciones como visitar un expositor, chatear con un asistente o preguntar a un ponente, entre otras, estaban valoradas con una puntuación. En tiempo real los asistentes podían ver cuál era su puesto en el ranking y realizar así acciones para acumular más puntos.

Otra de las herramientas que favorece el uso de la aplicación es que algunas secciones, como la galería de fotos, son colaborativas. Cualquier asistente puede subir a la aplicación PDV by itafec una fotografía tomada por su dispositivo móvil y el resto de asistentes puede valorarla mediante likes.

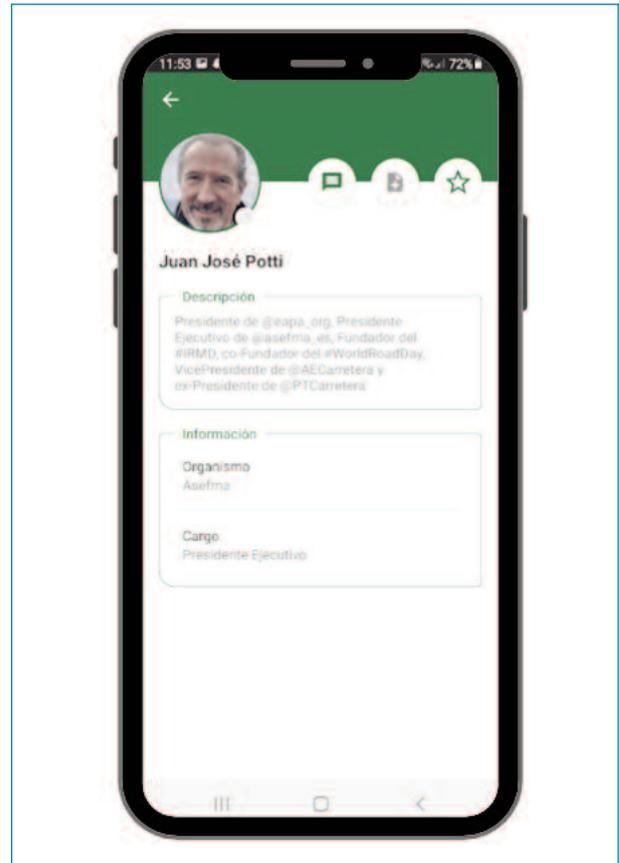
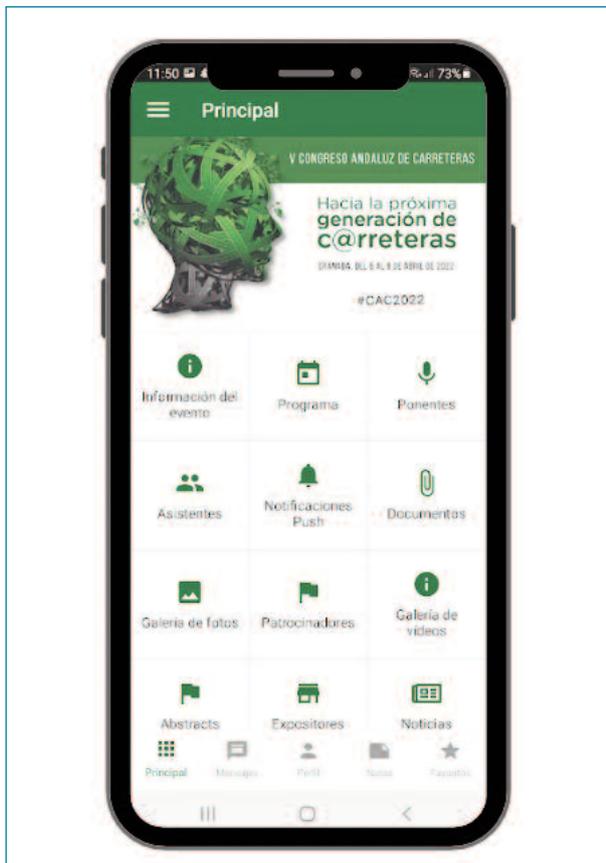
La aplicación **PDV by itafec** estuvo disponible desde la se-

PDV by itafec, la aplicación del V Congreso Andaluz de Carreteras

mana anterior para que los asistentes comenzasen a interactuar los días previos al V Congreso Andaluz de Carreteras, pudiesen organizar su agenda de sesiones técnicas y concertar reuniones con el resto de personas. Una vez finalizado el Congreso la aplicación PDV by itafec sigue siendo útil ya que se

puede utilizar como un repositorio de información con las grabaciones de las sesiones técnicas, las comunicaciones técnicas completas, las presentaciones que los ponentes utilizaron, ...

Esta aplicación es una manera de hacer de un evento local una experiencia global.



Código QR para descarga de la aplicación PDV by itafec

Observatorio del sector

Producción de mezclas bituminosas en 2021

Asefma realiza cada año un estudio de la evolución de los principales factores del mercado de fabricación de mezclas bituminosas. Recientemente se ha concluido la recopilación de información correspondiente a la anualidad 2021, sobre los que versa el contenido de esta sección de Observatorio del Sector.

La producción total de mezclas bituminosas en 2021 se estima en 18,9 millones de toneladas, lo que supone un incremento de algo más de un 10% respecto a los datos del 2020, con lo que se vuelve a la senda de crecimiento de la producción tras la caída registrada en 2020. En la Figura 1 se muestra la evolución de la producción desde 2007.

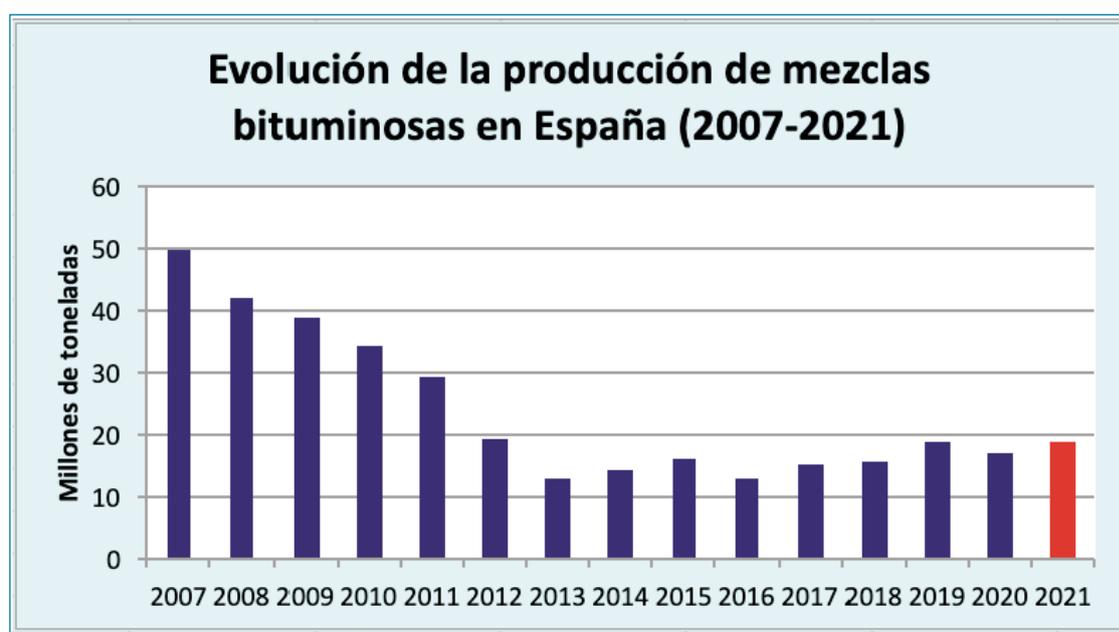


Figura 1. Evolución de la producción de mezclas bituminosas en España

Desglosando la producción de mezclas por el tipo de capa, hay muy ligeras variaciones respecto a 2020, (Figura 2), aunque sí se confirma una tendencia desde hace varios años: el progresivo aumento de mezclas dedicadas a capas intermedias y de base, lo que indica que las administraciones de carreteras cada vez realizan más operaciones de rehabilitación estructural, dado que apenas hay obras nuevas de carreteras, en las que el porcentaje de capas intermedias y de base es muy superior al de mezclas para capas de rodadura.

Secciones fijas

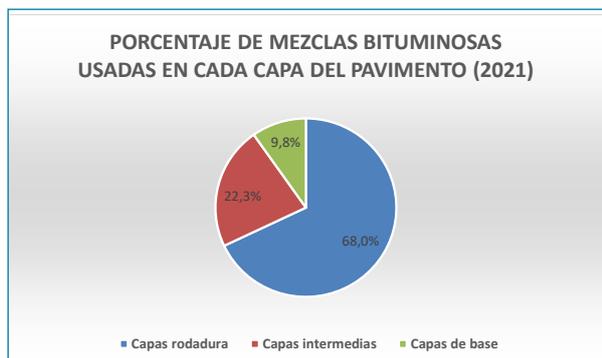


Figura 2. Distribución de la producción de mezclas bituminosas por tipo de capa del pavimento

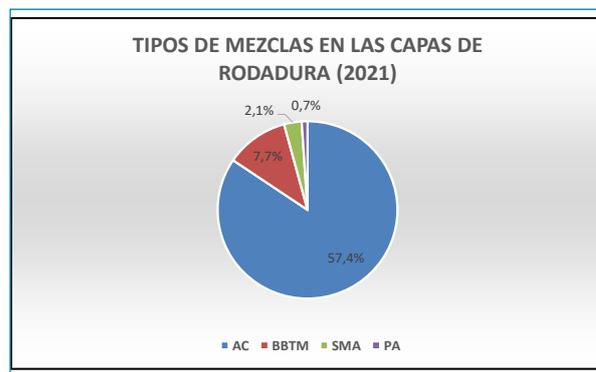


Figura 4. Tipos de mezclas utilizadas en las capas de rodadura en 2021

En la Figura 3 se puede observar cómo ha ido evolucionando el uso de mezclas bituminosas para los tres tipos de capas que componen los pavimentos asfálticos.

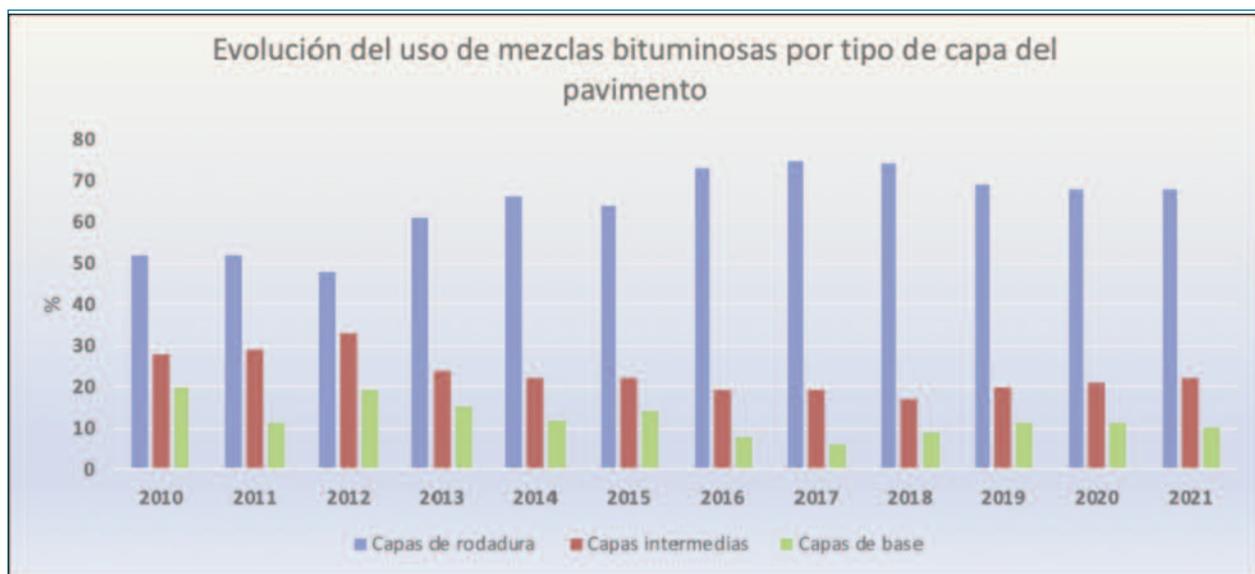


Figura 3. Evolución del porcentaje de mezclas utilizado en cada tipo de capa del pavimento

Tras unos años en que el uso de mezclas para las capas de rodadura alcanzó un máximo, se detecta un progresivo aumento de los usos para capas intermedias y de base, lo que indica que poco a poco se está retornando a programas de mantenimiento de carreteras más planificados, sin tener que dedicarse casi todos los recursos a mejorar únicamente las capas de rodadura.

Fijándonos en las mezclas bituminosas para capas de rodadura, tampoco se observan cambios sustanciales (Figura 4) en relación a los diversos tipos de mezclas utilizadas para su construcción. Aproximadamente un 85% de las capas de rodadura contienen mezclas AC, seguidas muy de lejos por las mezclas BBTM, las SMA y, finalmente, las mezclas drenantes.

Con pequeñas variaciones, en los últimos años continúa el uso mayoritario de las mezclas AC en las capas de rodadura (Figura 5).



Figura 5. Evolución de uso de tipos de mezclas utilizadas en las capas de rodadura



Figura 6. Evolución del uso del uso de las mezclas AUTL

Dentro de grupo de mezclas BBTM, un subtipo de gran interés, dadas sus destacadas prestaciones, son las mezclas AUTL. En la Figura 6 se muestra la evolución del uso de este tipo de mezcla sobre la que hay que tener en cuenta que, si bien en toneladas su uso es minoritario, dado el pequeño espesor que requieren, su importancia en términos de superficie pavimentada es bastante mayor de la que pueden mostrar los porcentajes referidos a toneladas de mezcla.

Posiblemente el cambio más relevante en los datos de 2021 es el salto experimentado por las mezclas semicalientes (Figura 7). El incremento es destacable en dos aspectos: supone un 30% de incremento en toneladas respecto a 2020, pero aún más reseñable es que el porcentaje de este tipo de mezclas, respecto a la producción global, aumenta sustancialmente, lo que muestra que este tipo de tecnología está arraigando en el mercado.

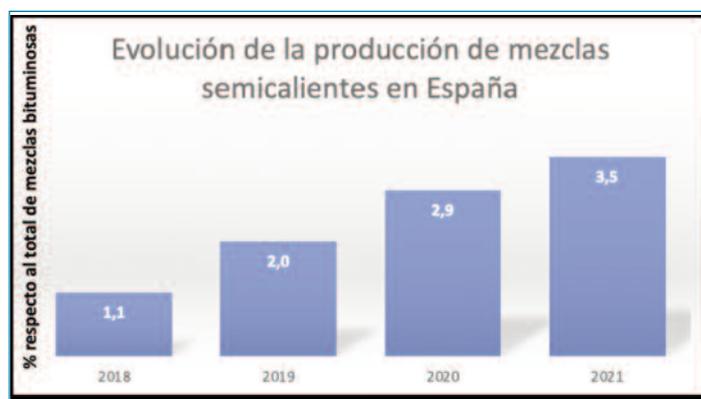


Figura 7. Producción de mezclas semicaliente en 2021

Como resumen, se puede decir que el mercado se recupera ligeramente pero permanece estancado por debajo de la barrera de los 20 millones de toneladas, lo que implica que en las carreteras españolas siguen aumentando el déficit de mantenimiento, ya que la longitud de la red de carreteras en España exigiría producciones sustancialmente superiores - del orden de 25 a 30 millones de toneladas/año- que corresponderían a los ratios que se pueden ver en otros países de la Unión Europea con redes de carreteras homologables a las nuestras.

Se observa un cierto continuismo en el tipo de mezclas utilizadas en las capas de rodadura, aunque el uso de mezclas de altas prestaciones (SMA y AUTL) consiguen poco a poco mayor aceptación.

Finalmente, los temas relacionados con la eficiencia energética y mejora de la sostenibilidad ganan adeptos, como lo demuestra el importante incremento del uso de las mezclas semicalientes.



CARRETERAS CON MÁS FUTURO

En Cepsa respondemos a nuestra estrategia sostenible y a las necesidades de nuestra sociedad y clientes con los innovadores y pioneros **ligantes Flexodur BMC-3b y Flexodur BMC-3b BT**, que hacen posibles las denominadas **mezclas MASAI (Materiales Asfálticos Sostenibles, Automatizados e Inteligentes)** y que configurarán de forma eficiente y duradera las próximas carreteras.

INFÓRMATE EN
cepsa.es

