ASFALTO
y pavimentación

Número 63 · Volumen XVI · Cuarto trimestre · 2026

número 63





VIATOP® plus RC

Das Pellet.

con un rejuvenecedor sostenible para mezclas con mayores tasas de fresado

BU Functional Asphalt Additives
08006 Barcelona (Spain)
Tel.: +34 933 262-888
viatop@jrs.de • www.jrsiberica.com

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

JRS Fibras diseñadas por la naturaleza
Una compañía del grupo JRS

www.sma-viatop.com



Número 63· Volumen XVI
Cuarto trimestre · 2026

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,
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.asfaltoypavimentacion.com
asfalto@asfaltoypavimentacion.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 63 · Volumen XVI · Cuarto trimestre · 2026

Editorial
Panorámica de la pavimentación actual y visión 2030 — **05**

Tribuna
Ricardo Bardasano — **07**

Tribuna
Jesús Felipo — **13**

Tribuna
Pepe Soto — **15**

Caracterización viscoelástica avanzada del comportamiento reológico de betunes rejuvenecidos
Mar Subarroca Gella - Núria Querol Solà
Marc Juárez Solans - Maria Argilés Rauret — **19**

Secciones fijas
Maquinaria — **35**

Secciones fijas
Normativa, Mirando al Pasado, Calendario, Noticias del Sector, Aleas, Lecturas Recomendadas, Afirmaciones Asfálticas — **37**


Vidara
A RAVAGO COMPANY
Lo mejor del camino aún está por recorrer
ravasol™
VIDARA.COM

Panorámica de la pavimentación actual y visión 2030

La industria de la pavimentación asfáltica atraviesa uno de los periodos de transformación más importantes de su historia reciente. Los desafíos económicos, ambientales, tecnológicos y sociales están modificando profundamente nuestra actividad. Sin embargo, pocas veces hemos dispuesto de tantas herramientas y oportunidades para construir un sector más eficiente, sostenible y competitivo.

El horizonte de 2030 está suficientemente cerca para exigir decisiones inmediatas y suficientemente lejos para impulsar transformaciones significativas. Por ello, la pregunta más relevante no es cómo imaginamos nuestra industria en 2030, sino qué **estamos haciendo hoy para convertir esa visión en realidad.**

Nuestro sector ha demostrado una extraordinaria capacidad de adaptación. Hemos desarrollado mezclas más sostenibles, mejorado los procesos productivos, avanzado en economía circular e incorporado tecnologías digitales. Sin embargo, estos progresos conviven con importantes dificultades estructurales.

La insuficiente inversión en conservación de carreteras, la volatilidad de los costes energéticos, las incertidumbres en el suministro de materias primas y las dificultades para atraer nuevos profesionales amenazan nuestra competitividad. Resulta paradójico que, mientras hablamos de movilidad inteligente y descarbonización, sigamos sin garantizar una conservación adecuada de nuestras infraestructuras viarias.

No podemos aspirar a tener las carreteras de 2030 con políticas de conservación que responden a necesidades del pasado.

La sostenibilidad constituye otro desafío fundamental. Debemos superar definitivamente las declaraciones de intenciones para avanzar hacia resultados medibles y verificables. Las declaraciones ambientales de producto, el análisis del ciclo de vida y los certificados de ahorro energético representan instrumentos que pueden transformar nuestras decisiones técnicas y los criterios de contratación.

Pero debemos incorporar una reflexión adicional: la sostenibilidad de una carretera no depende exclusivamente de cómo se construye, sino también de cómo se conserva y de cómo influye su estado en el consumo energético de los vehículos que circulan por ella.

La transformación digital representa, probablemente, la mayor oportunidad de cambio. El concepto **Asphalt 4.0** está evolucionando hacia un modelo industrial donde la conectividad, la automatización, los datos y la inteligencia artificial adquieren un protagonismo creciente. La reciente quinta Conferencia Internacional Asphalt 4.0, celebrada en Madrid, ha permitido comprobar que tecnologías consideradas futuristas hace pocos años empiezan a convertirse en realidades industriales.

En 2030 veremos plantas más inteligentes, maquinaria conectada, procesos constructivos automatizados y sistemas capaces de optimizar en tiempo real la calidad, los consumos y las emisiones. Pero la tecnología debe estar al servicio de los resultados, nunca convertirse en un fin en sí misma.

Tampoco podemos olvidar a las personas. El relevo generacional, la incorporación de nuevas competencias y la seguridad laboral serán determinantes. Iniciativas como Young Paving Talent constituyen una apuesta estratégica para garantizar que esta transformación tenga continuidad.

La XXI Jornada Nacional de ASEFMA, bajo el lema «Panorámica actual. Visión 2030», pretende impulsar precisamente esta reflexión colectiva, abordando los grandes desafíos de nuestra industria desde una perspectiva compartida.

Necesitamos administraciones comprometidas con una inversión estable, empresas dispuestas a innovar

y profesionales preparados para liderar el cambio.

Porque la pavimentación de 2030 no será el resultado de lo que imaginemos entonces, sino de lo que seamos capaces de hacer desde hoy.

Y quizá ese sea nuestro principal desafío: demostrar que nuestra industria no solo fabrica mezclas asfálticas y construye carreteras, sino que contribuye decisivamente a una movilidad más segura, eficiente y sostenible.

Emulsiones bituminosas: de dónde venimos y dónde queremos estar en 2030



Ricardo Bardasano
Asociación Técnica Gerente de la de Emulsiones Bituminosas (ATEB)

@bardasagen

Cuando se habla del futuro de la pavimentación, es frecuente asociarlo a materiales nuevos, procesos digitalizados o tecnologías todavía por desarrollar. Sin embargo, algunas de las respuestas a los retos que tenemos por delante llevan mucho tiempo entre nosotros. Las emulsiones bituminosas son un buen ejemplo. Su empleo en las carreteras se remonta a más de un siglo, pero muchas de las razones que impulsaron su desarrollo —ahorro energético, facilidad de aplicación, aprovechamiento de los recursos y conservación de los firmes— resultan hoy especialmente actuales.

De aquí a 2030 apenas quedan cuatro años. No es un horizonte que permita anunciar, con fundamento, una transformación radical de nuestro sector. Sí es tiempo suficiente para preguntarnos si sabremos aprovechar los avances técnicos y normativos recientes y, sobre todo, si conseguiremos que se traduzcan en actuaciones reales. Porque una tecnología no ocupa el lugar que merece por sus posibilidades teóricas, sino por las prestaciones que demuestra y por la confianza que genera entre quienes la proyectan, ejecutan y contratan.

Una trayectoria que obliga a reflexionar

En España, las técnicas de pavimentación con emulsión tuvieron una implantación muy importante durante las últimas décadas del siglo XX. Según estimaciones históricas recogidas por ATEB, entre 1984 y 1988 el consumo anual de emulsiones se situaba entre 400.000 y 450.000 toneladas. La mayor parte se destinaba entonces a tratamientos superficiales con gravilla, lechadas, gravaemulsión y mezclas abiertas en frío. Eran técnicas habituales en conservación y contaban con equipos y profesionales especializados.

Después llegó una pérdida prolongada de mercado. Influyeron la evolución de las políticas de inversión, el predominio de otras soluciones constructivas, la desaparición progresiva de medios de ejecución y la falta de continuidad en la formación. También hubo decisiones normativas que no favorecieron su empleo. En 2004 dejaron de figurar en el PG-3 varias técnicas en frío que habían sido habituales, aunque siguieran utilizándose en determinados ámbitos y Administraciones.

El contraste con las cifras actuales sigue siendo significativo, aunque las estadísticas históricas de consumo y las estimaciones recientes de producción no sean estrictamente homogéneas. Según los datos de ATEB correspondientes a 2025, la producción de emulsiones bituminosas creció un 9,2 % respecto al año anterior. El crecimiento registrado es una señal positiva, pero todavía es pronto para saber si marca el inicio de una recuperación sostenida del sector: actualmente los riegos auxiliares, principalmente de adherencia y curado, constituyen su principal destino, concentrando el 47,5 % de la producción.

La evolución tiene otra lectura. Las emulsiones han mantenido una función esencial, a veces poco visible,

en los riegos de adherencia, imprimación o curado, incluso cuando disminuía el uso de las técnicas completas de pavimentación en frío. Conviene, por ello, diferenciar el futuro de la emulsión como riego auxiliar, presente en casi todas las soluciones de firme, del futuro de las técnicas que permiten construirlos , conservarlos o rehabilitarlos mediante su empleo. Es en este segundo ámbito donde debemos preguntarnos qué ha cambiado y qué posibilidades reales se abren hasta 2030.

La sostenibilidad necesita datos y durabilidad

Uno de los cambios más importantes es la forma en que hoy valoramos las soluciones de pavimentación. La decisión ya no debería depender únicamente de que una técnica funcione y resulte competitiva en su ejecución inicial. Debemos conocer también cuánta energía consume, qué materiales requiere, qué emisiones genera, qué afección produce al tráfico y, especialmente, cuánto tiempo presta el servicio previsto. Esta forma de comparar las actuaciones puede favorecer a las técnicas con emulsión, pero también les exige demostrar sus ventajas.

Las técnicas en frío parten de una ventaja física evidente: permiten fabricar o aplicar materiales sin las temperaturas que necesitan las soluciones convencionales en caliente. En determinados tratamientos, además, reducen los espesores de aportación; y la reutilización con emulsión (in situ o en central) permite aprovechar materiales existentes y limitar nuevas extracciones, transportes y gestión de residuos. Son ventajas con una base técnica sólida, pero no permiten asignar un porcentaje universal de reducción de emisiones. El balance depende de la solución comparada, los transportes, las dosificaciones, los equipos, la vida útil y las intervenciones posteriores.

La circularidad tampoco consiste únicamente en incorporar material recuperado. En conservación, evitar que un firme alcance un estado que obligue a rehabilitarlo, o incluso a reconstruirlo, puede ser una medida de mayor alcance que reutilizarlo una vez deteriorado. Los tratamientos superficiales con gravilla y los microaglomerados en frío adquieren especial sentido cuando se aplican de manera preventiva, sobre firmes con capacidad estructural suficiente. Por el contrario, emplearlos para disimular problemas estructurales comprometería su durabilidad y también su justificación ambiental.

Para valorar con rigor las ventajas ambientales de las distintas técnicas de pavimentación necesitamos datos fiables y métodos de evaluación comparables. En este sentido, en 2025 se produjeron avances importantes: se publicó la UNE 51136:2025 IN, elaborada en el ámbito de ATEB, que establece las reglas para preparar declaraciones ambientales de las emulsiones bituminosas, y Eurobitume presentó una nueva evaluación del ciclo de vida del betún convencional. Sin embargo, ambas iniciativas tienen un alcance limitado a estos materiales, que representan generalmente una proporción minoritaria de los componentes de una solución de pavimentación, aunque su contribución al impacto ambiental no tiene por qué serlo. Para evaluar una actuación completa es necesario considerar también los áridos y otros materiales empleados, su producción y transporte, los procesos de fabricación y puesta en obra y las posteriores necesidades de conservación. Todo ello, además, teniendo en cuenta la durabilidad y las prestaciones que ofrece cada solución a lo largo de su vida útil. Por tanto, estos avances constituyen un punto de partida importante, pero el verdadero reto es disponer de evaluaciones ambientales de las técnicas completas que permitan comparar alternativas equivalentes y demostrar, con datos, las ventajas que pueden ofrecer las soluciones con emulsión.

Actualmente disponemos de herramientas para realizar estas comparaciones ambientales, generalmente basadas en principios comunes de análisis del ciclo de vida. Sin embargo, las metodologías concretas pueden diferir, al igual que las bases de datos, los factores de emisión y las hipótesis empleadas en los cálculos. Estas diferencias pueden condicionar significativamente los resultados y dificultar la comparación objetiva entre soluciones, incluso cuando los estudios parten de criterios generales similares. Por ello, uno de los retos que tenemos por delante es avanzar hacia procedimientos de evaluación comunes, transparentes y verificables, que establezcan criterios homogéneos para definir los límites del análisis, seleccionar los datos de referencia

y considerar la vida útil de las actuaciones. El objetivo debe ser que las comparaciones sean consistentes y reproducibles, con independencia de quién realice los cálculos, y que las diferencias observadas respondan realmente a las características y prestaciones de las soluciones analizadas.

La evaluación ambiental obliga, además, a mirar hacia nuestras propias instalaciones. La eficiencia térmica, el aprovechamiento del calor residual, la electrificación y el empleo de energía renovable ya tienen ejemplos de aplicación en plantas de emulsión españolas. Esta evolución será relevante, aunque no debemos olvidar que el betún sigue teniendo origen mayoritariamente fósil y que la fabricación de emulsiones también consume energía y recursos. La credibilidad ambiental se construirá reconociendo estas circunstancias y mejorando con datos.

El respaldo normativo abre una puerta, no garantiza el mercado

Para que estas posibilidades ambientales y técnicas se materialicen, no basta con disponer de productos adecuados. También es necesario que las soluciones cuenten con un marco técnico que permita proyectarlas y contratarlas con seguridad. En este punto se ha producido un cambio que, probablemente, acabaremos considerando decisivo. La Orden Circular 2/2023 actualizó las prescripciones relativas a la reutilización de firmes, incluyendo en su artículo 20 la reutilización in situ con emulsión. La OC 1/2024, por su parte, reincorporó al PG-3 la gravaemulsión, los tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla y las mezclas bituminosas abiertas en frío. En cuanto a los microaglomerados en frío, que ya estaban regulados en el artículo 540, actualizó sus prescripciones para adaptarlas a los avances técnicos y ampliar sus posibilidades de aplicación. En todo caso, este respaldo normativo no significa que las técnicas puedan emplearse indistintamente en cualquier carretera: ambas órdenes circulares establecen condiciones de aplicación, limitaciones y controles que deben respetarse.

Este reconocimiento proporciona a proyectistas y Administraciones un lenguaje técnico común y reduce una de las barreras que arrastrábamos. A ello se suman las normas europeas de producto, el desarrollo de métodos de ensayo y el trabajo de normalización de las emulsiones. Pero sería un error creer que la publicación de una norma genera automáticamente capacidad de ejecución. Para que estas técnicas recuperen presencia hacen falta proyectos, partidas de obra, equipos, formación, resultados contrastados y continuidad en la demanda.

Por otra parte, el nuevo Reglamento Europeo de Productos de Construcción, aprobado mediante el Reglamento (UE) 2024/3110, refuerza la importancia de la información ambiental y avanza hacia la digitalización de la documentación de los productos. Su aplicación será progresiva, a medida que se desarrollen y entren en aplicación las especificaciones técnicas armonizadas correspondientes a cada familia de productos. Para el sector de las emulsiones bituminosas, esto supone un nuevo reto: prepararse para ofrecer una información ambiental cada vez más completa, fiable y trazable, adaptando los procedimientos y la documentación a las nuevas exigencias conforme estas resulten aplicables.

Un mercado condicionado por la conservación

El respaldo normativo es una condición necesaria, pero no suficiente para que estas técnicas recuperen protagonismo. Su utilización efectiva dependerá de que las Administraciones las tengan en cuenta al planificar la conservación de sus redes, estudiar las alternativas de actuación y redactar los proyectos y contratos correspondientes. En este sentido, la mayor oportunidad para las técnicas con emulsión no está en sustituir indiscriminadamente a las soluciones en caliente, sino en ampliar el repertorio de alternativas disponibles para que cada carretera reciba la intervención más adecuada, en el momento oportuno y con el menor coste razonable a lo largo de su vida útil. Los riegos con gravilla, los microaglomerados, las mezclas abiertas en frío, la gravaemulsión y la reutilización responden a necesidades distintas, y su valor depende de una correcta selección, diseño y ejecución.

Esta necesidad de elegir bien será aún mayor ante los efectos del cambio climático. El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 reconoce la importancia de conservar adecuadamente las infraestructuras de transporte para mejorar su resilien-

cia. En los firmes, esto obliga a prestar atención al agua, a los episodios meteorológicos extremos, a las temperaturas de servicio y a la evolución de los deterioros. Las técnicas con emulsión pueden contribuir a una estrategia de conservación más preventiva, siempre que se empleen donde sean adecuadas. Además, su propia ejecución depende de las condiciones de temperatura y humedad, así como de los procesos de rotura y maduración. No basta con elegir una solución: hay que saber cuándo y cómo aplicarla.

España dispone, además, de una extensa red convencional, autonómica y local cuya conservación requiere actuaciones periódicas y recursos estables. La auditoría de 2025 de la Asociación Española de la Carretera advirtió de un deterioro importante en las redes estatal y autonómica analizadas y estimó un déficit acumulado de inversión en conservación superior a 13.400 millones de euros. No es una previsión de gasto ni un presupuesto aprobado, pero ayuda a dimensionar el problema. La demanda potencial existe; que se convierta en obras dependerá de decisiones presupuestarias, planificación plurianual y criterios de contratación.

Además de invertir, será necesario mejorar la forma de contratar. La Ley de Contratos del Sector Público permite considerar la calidad, las características ambientales y el coste del ciclo de vida. El reto es aplicar esas posibilidades mediante criterios objetivos, comparables y proporcionados. Si sólo se atiende al precio inicial, quedarán infravaloradas tanto las intervenciones preventivas como las soluciones que reduzcan transportes, consumos o afecciones futuras. Si, por el contrario, se introducen exigencias ambientales sin métodos claros de cálculo y verificación, tampoco mejorará la decisión. La volatilidad de los costes del betún, la energía y el transporte añade una incertidumbre que las empresas no pueden absorber indefinidamente.

Personas, seguridad y digitalización

Sin embargo, disponer de financiación, proyectos y pliegos adecuados tampoco bastará si no somos capaces de ejecutar las soluciones con garantías. Hay un riesgo menos visible que la pérdida de mercado: la pérdida del oficio. Las técnicas con emulsión exigen conocer el comportamiento de los materiales, la rotura, la maduración y el curado, la humedad de los áridos, la temperatura ambiental, los tiempos de apertura al tráfico y las particularidades de cada equipo. No todo ese conocimiento se obtiene leyendo una prescripción técnica. Parte se adquiere en obra, junto a profesionales experimentados.

El problema del relevo generacional es real. El estudio demográfico difundido por Asefma en 2026 sobre el empleo directo de su sector señala que sólo el 13,5 % de los trabajadores tiene menos de 35 años y que el 66,3 % supera los 45; la presencia femenina se sitúa en el 11,5 %. Son cifras del sector de mezclas asfálticas, no un censo específico de emulsiones, pero constituyen una advertencia próxima. Recuperar técnicas sin recuperar y transmitir la capacidad para ejecutarlas sería construir sobre una base muy frágil.

De aquí a 2030 necesitamos más formación aplicada, colaboración con universidades y centros de formación profesional, capacitación de encargados y maquinistas y oportunidades para jóvenes y mujeres. También debemos hacer más atractivo el trabajo en conservación: más estable, mejor organizado y con itinerarios profesionales reconocibles.

La mejora de las condiciones de trabajo incluye necesariamente la seguridad y la salud, que han de ocupar el mismo lugar que la calidad técnica. Trabajar con materiales a menor temperatura puede reducir determinados riesgos térmicos, pero no elimina los asociados a la maquinaria móvil, el tráfico abierto, los productos químicos o las jornadas a la intemperie. El aumento de episodios de calor exige adaptar horarios, pausas, hidratación, protección y organización de las tareas; el INSST y la AEMET ya trabajan en herramientas para anticipar el estrés térmico. Y, desde la perspectiva del usuario, una buena planificación de obra debe limitar las ocupaciones de calzada y garantizar la señalización, la adherencia y las condiciones seguras de reapertura al tráfico.

La digitalización puede contribuir a mejorar tanto la ejecución como su control, siempre que se traduzca en decisiones útiles. La dosificación registrada, la geolocalización de los equipos, la trazabilidad de materiales, los sensores, la auscultación de firmes y el se-

guimiento de las prestaciones permiten aprender de cada actuación y detectar desviaciones. La monografía Asphalt 4.0, presentada por Asefma en 2026, muestra que el proceso ya está en marcha en la pavimentación. Para las técnicas con emulsión, el reto no será disponer de más datos, sino conectar lo que se formuló en el laboratorio, lo que realmente se aplicó en obra y cómo se comportó el firme meses y años después. Ese conocimiento permitiría mejorar progresivamente las fórmulas de trabajo, los procedimientos de ejecución y los criterios de selección. La tecnología debe facilitar el criterio profesional, no sustituirlo.

Dónde esperamos encontrarnos en 2030

Lo anterior permite definir qué avances sería razonable esperar de aquí a 2030, pero no traducirlos en una cifra de producción, una cuota de mercado o un porcentaje de reducción de emisiones. No disponemos de una base suficientemente contrastada para formular esas previsiones. El crecimiento de 2025 invita a un optimismo prudente, pero no cambia por sí solo la trayectoria de las últimas décadas. Además, un mayor consumo de emulsiones no sería necesariamente el mejor indicador de éxito: una conservación eficaz puede necesitar menos material y ofrecer más años de servicio.

Nuestra aspiración debería ser otra. En 2030 querríamos que las técnicas con emulsión se evaluasen habitualmente en los proyectos en los que tienen sentido, sin exclusiones por inercia ni preferencias automáticas en su contra. Que los pliegos incorporasen soluciones y unidades de obra adecuadas. Que las decisiones comparasen prestaciones, costes y efectos ambientales con metodologías transparentes. Que las empresas dispusieran de equipos y personal formado, con condiciones de trabajo seguras. Y que existieran suficientes datos de seguimiento para saber qué soluciones funcionan mejor, dónde y durante cuánto tiempo.

También esperamos que la conservación preventiva ocupe un lugar más importante en la gestión de las redes, especialmente de las carreteras convencionales y locales; que la reutilización se considere cuando la estructura y los materiales lo permitan; y que las ventajas de trabajar en frío se acrediten junto con su durabilidad, no por separado. Son perspectivas razonables, no resultados asegurados. Dependen tanto de la capacidad de innovación del sector como de la voluntad de las Administraciones de planificar, contratar y evaluar con continuidad.

Venimos de un periodo en el que las emulsiones pasaron de protagonizar numerosas actuaciones de conservación a mantener, en buena medida, una presencia menos visible. Hoy contamos con mejores productos, más conocimiento y un respaldo técnico actualizado, pero también con una necesidad urgente de cuidar nuestras carreteras y de cuidar a quienes trabajan en ellas. El verdadero avance en 2030 no será que se hable más de emulsiones bituminosas. Será que se utilicen mejor, allí donde aporten valor, y que podamos demostrarlo.

Máxima durabilidad
Juntos llegamos más lejos

Nuestros betunes modificados aportan resistencia, durabilidad y eficiencia a las infraestructuras más exigentes. Con soluciones de alto rendimiento como ELASTER RAF AV, reducimos las necesidades de mantenimiento y contribuimos a la construcción de carreteras más resistentes y sostenibles **con acompañamiento técnico especializado de principio a fin.**



Descubre
más aquí

Visión 2030: El viaje de las mezclas bituminosas hacia la sostenibilidad y la digitalización



Jesús Felipo Sanjuan
Miembro de la revista
Asfalto y Pavimentación

Hace casi un siglo, el gran reto de las mezclas bituminosas era eliminar el polvo de los caminos y carreteras para pasar a vertebrar un país desconectado. Hoy, al repasar cien años de evolución de nuestras infraestructuras, se puede constatar que el material que impulsó nuestro despegue económico y social se encuentra en un punto de inflexión histórico. Se ha pasado de la urgencia por sumar kilómetros asfaltados a la ingeniería enfocada en la durabilidad, la seguridad y sostenibilidad. Ahora, con la mirada puesta en el horizonte de 2030, el sector afronta su transformación más radical: abandonar definitivamente su condición de elemento inerte para convertirse en una infraestructura viva, descarbonizada y conectada, donde el análisis de datos en tiempo real y la economía circular serán tan estructurales como la propia resistencia del firme.

Analizar la evolución de las mezclas bituminosas a lo largo de los años, sus requisitos y exigencias, ayuda a entender cómo ha evolucionado nuestra sociedad, cuáles han sido sus necesidades y prioridades no sólo en cuestiones de movilidad, ya que la evolución de las preocupaciones sociales se ha ido trasladando a la industria y, por tanto, a las mezclas bituminosas.

En la década de los años 60, una de las principales prioridades de España en la movilidad era la vertebración del territorio, para poder cubrir las necesidades generadas por el éxodo rural, el auge del turismo y un parque automovilístico en plena expansión. Los objetivos fundamentales eran producir mucho, rápido y de la forma más económica posible. Por ello, las preocupaciones se centraban en la maquinaria y la capacidad de producción.

Siendo el asfalto sinónimo de progreso y con el objetivo de conectar a las personas, empezaron a surgir plantas asfálticas a lo largo y ancho de toda la península, pavimentando las carreteras que debían dar servicio al creciente parque móvil que se estaba generando. Las cuestiones técnicas se centraban fundamentalmente en la capacidad portante. Conceptos como sostenibilidad o digitalización aún no formaban parte del vocabulario de la industria de la pavimentación.

Durante el despegue económico de los años 80 y 90, el volumen de tráfico pesado se multiplicó, sometiendo a los firmes a esfuerzos para los que no se habían diseñado. Comenzaron a surgir deterioros importantes, como las deformaciones plásticas o fisuración por fatiga estructural. También el incremento de velocidad exige prestar mayor atención a cuestiones de seguridad como el deslizamiento o la regularidad superficial. Frente a estos retos, el sector respondió con una profunda evolución técnica. Se produjo un incremento de la investigación en materiales con el objetivo de resolver las preocupaciones existentes. Así, se desarrollaron los betunes modificados con polímeros a la vez que se incorporaban a la cartera de productos de las empresas las mezclas porosas o las mezclas disconti-

nuas para capas finas, resolviendo gran parte de las cuestiones que preocupaban a los gestores de las carreteras, y que no era más que una traslación de las preocupaciones de la sociedad. La seguridad y la durabilidad se habían convertido en las principales prioridades.

Con el cambio de siglo se produjo también un cambio radical en las demandas sociales. Se comprendió que los recursos son finitos y que la movilidad no puede desarrollarse a costa del entorno. Y el sector, detectando esta tendencia, había hecho los deberes asumiendo su responsabilidad ambiental. Así, se pasó de un modelo de producción lineal a ser pioneros en la economía circular. La reutilización de las mezclas envejecidas comenzó a ser habitual, cada vez en mayor volumen. También la fabricación de mezclas a menor temperatura permitió reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Pero las mezclas bituminosas no solo han avanzado hacia una mayor sostenibilidad en su proceso de fabricación, sino que también han aportado soluciones ambientales a cuestiones tan importantes como la reducción de la contaminación acústica o la reducción del consumo de combustibles de los vehículos.

Viendo la evolución, se puede decir que el núcleo fundamental de exigencias se mantiene intacto; los pavimentos deben soportar las cargas y garantizar la seguridad y comodidad del usuario.

Sin embargo, el entorno ha cambiado por completo. Hoy el éxito se mide en huella de carbono, porcentaje de mezcla reutilizada y en el coste del ciclo de vida.

Tras el somero análisis de lo ocurrido en los últimos años, se pueden atisbar algunos vectores que impulsarán la evolución del sector, el cual se encuentra a las puertas de una disrupción que no ha sido vista anteriormente.

El primer vector será la descarbonización total. Avanzamos hacia el empleo de combustibles alternativos, como el hidrógeno o el biogás, con menor huella de carbono. También se generalizará el empleo de mezclas a menor temperatura y con tasas de reciclado tan elevadas como permita la tecnología, asegurando la durabilidad de los productos.

No se puede olvidar otro vector fundamental, que es el de la digitalización, tanto en el propio proceso de fabricación y puesta en obra, como en transformar los pavimentos en elementos sensorizados que permitan aplicar mantenimientos predictivos fiables, a partir de gemelos digitales.

Finalmente, el sector no podrá continuar avanzando si no se produce una transformación profunda de los recursos humanos. Se demandan ya perfiles profesionales totalmente nuevos, capaces de gestionar las nuevas herramientas automatizadas, analizar la infinidad de datos que se van a recibir de todas las actividades, también orientados hacia las cuestiones ambientales.

En definitiva, el horizonte de 2030 marca como objetivo fundamental la culminación de un siglo de adaptación constante a las demandas de la sociedad. La descarbonización total, conjuntamente con la digitalización de la industria de la pavimentación y la integración de nuevos talentos profesionales marcará el salto definitivo a un entorno vivo, predictivo y conectado.

Al principio, las mezclas bituminosas fueron el motor que vertebró el país y unió a las personas; en esta nueva época se convierten en el puente tecnológico y ambiental que mantendrá el compromiso de sostenibilidad del sector, siendo la innovación la base firme sobre la que sostener las carreteras del futuro.

Revisión crítica de la evolución del sector de las carreteras y de los retos pendientes



José Antonio Soto
Miembro de la revista
Asfalto y Pavimentación

@soto228pepe

Durante las últimas décadas, el sector de las carreteras ha desarrollado nuevas mezclas bituminosas, ligantes modificados, técnicas de reciclado y soluciones orientadas a reducir el consumo de materias primas, energía y emisiones. Sin embargo, la incorporación de estas tecnologías a los proyectos y a la conservación ordinaria no siempre ha avanzado al mismo ritmo que la investigación y el desarrollo.

En esta tribuna sintetizo una reflexión basada en tribunas, firmadas por mi y publicadas, entre 2012 y 2020, en esta revista, sobre cinco cuestiones relacionadas: **la evaluación a largo plazo de los tramos de ensayo, la transferencia de la innovación a obra, la conservación preventiva, la seguridad vial y la sostenibilidad ambiental.** Se planteaba que la mejora del comportamiento de la red requiere combinar soluciones técnicamente adecuadas, seguimiento verificable, financiación estable y criterios de contratación que permitan aplicar innovaciones cuando estén justificadas, se trata de una revisión crítica y propositiva de los temas expuestos en las tribunas publicadas hace años pero que hoy podrían considerarse de rabiosa actualidad.

La red viaria constituye una infraestructura esencial para la movilidad, la actividad económica y la cohesión territorial. Su rendimiento no depende únicamente de la construcción de nuevas vías, sino también de la conservación sistemática de los activos existentes. La experiencia recogida en distintas publicaciones del sector durante aproximadamente quince años apuntaba a una brecha persistente entre la capacidad tecnológica disponible y su aplicación efectiva en proyectos de construcción y rehabilitación.

El objetivo de ésta es ordenar esa reflexión desde una perspectiva técnica: identificar los principales avances desarrollados, describir los obstáculos que dificultan su implantación y formular líneas de actuación para mejorar la gestión del firme y la transferencia de conocimiento. El texto sintetiza las ideas de las tribunas de origen y no pretende sustituir una evaluación cuantitativa de la red ni una revisión bibliográfica exhaustiva.

1. Los tramos de ensayo permiten contrastar nuevos materiales, productos y procedimientos en condiciones reales de servicio. No obstante, una evaluación limitada al periodo de ejecución o al primer año de explotación resulta insuficiente para caracterizar el comportamiento estructural y superficial de una solución. La conclusión técnica depende de la evolución del firme bajo la acción combinada del tráfico, el clima, el agua y las operaciones de conservación.

Por ello, el diseño de un tramo experimental debería definir desde el inicio: a) los objetivos e hipótesis de evaluación; b) la participación y las responsabilidades de la Administración, la asistencia técnica, los laboratorios y la empresa constructora; c) la financiación del seguimiento; d) los indicadores y métodos de ensayo; y e) un calendario de inspecciones a corto, medio y lar-

go plazo.

La difusión de resultados debería incluir tanto los resultados favorables como las limitaciones observadas, de modo que la experiencia pueda transferirse a futuros proyectos.

2. Desde mediados de la década de 1980 y durante el periodo asociado al cambio de siglo se produjo una evolución relevante en las tecnologías de pavimentación. Entre las soluciones mencionadas en las tribunas publicadas figuran las mezclas de alto módulo, las mezclas drenantes, las capas finas y ultrafinas, las mezclas SMA, los ligantes modificados, los ligantes con polvo de neumático fuera de uso (NFU), los multigrado y aditivados, las emulsiones bituminosas modificadas, los riegos de adherencia termoadherentes y distintas técnicas de reciclado y fabricación a menor temperatura.

Estas familias tecnológicas persiguen prestaciones diferentes: adecuación estructural, mejora de las características superficiales, control del ruido, aprovechamiento de materiales recuperados o reducción de las necesidades térmicas de fabricación y puesta en obra. Su selección debe responder a las condiciones del proyecto, al estado del firme existente, al tráfico previsto, al clima, a la disponibilidad de materiales y a los requisitos de durabilidad. No procede considerar una tecnología como solución universal sin comprobar su idoneidad para cada aplicación.

Se destacaba, además, la capacidad del sector empresarial, de las universidades y de las asociaciones técnicas para generar conocimiento, desarrollar ensayos y promover nuevas soluciones. El reto identificado no es únicamente investigar, sino crear condiciones para que las innovaciones técnicamente justificadas se incorporen a proyectos reales y puedan evaluarse después en servicio.

La existencia de productos y procedimientos innovadores no garantiza su utilización a escala significativa. Entre los obstáculos señalados se encuentran la preferencia por soluciones convencionales, la dificultad de introducir cambios respecto del proyecto de referencia, la ausencia de continuidad presupuestaria y la falta de mecanismos que conecten los resultados de investigación con proyectos de construcción y conservación.

Una estrategia de transferencia tecnológica debería articular una secuencia verificable: identificación de una necesidad de la red; selección de alternativas; justificación técnica, económica y ambiental; definición de criterios de aceptación; ejecución controlada; seguimiento del comportamiento; y publicación de resultados. La contratación pública y la redacción de proyectos pueden facilitar este proceso cuando establecen requisitos prestacionales claros y permiten valorar soluciones alternativas con evidencia suficiente, sin rebajar las exigencias de calidad.

3. La conservación debe abordarse como una actividad programada y continua, no solo como una respuesta a daños ya avanzados. La aparición de fisuras, pérdida de textura, pulimento de áridos, colmatación de pavimentos drenantes, acumulación de agua o deterioro de la señalización puede reducir la funcionalidad de la vía y elevar las necesidades futuras de intervención. La respuesta adecuada depende del diagnóstico y de la condición estructural y superficial de cada tramo.

La conservación preventiva permite intervenir antes de que los deterioros progresen hasta exigir actuaciones de mayor alcance. Para ello, es necesario disponer de auscultación e inspecciones periódicas, criterios homogéneos de priorización, inventarios actualizados y presupuestos plurianuales. La financiación estable resulta especialmente relevante porque la planificación técnica pierde eficacia cuando las actuaciones se aplazan o se ejecutan de manera discontinua.

La calidad de la intervención también importa. Las bajas económicas muy acusadas, cuando comprometen los recursos necesarios para cumplir las especificaciones, pueden generar riesgos que deben analizarse mediante los mecanismos de contratación y control correspondientes. La evaluación debe centrarse en el coste del ciclo de vida y en el nivel de servicio, además del coste inicial.

4. La accidentalidad es multifactorial: intervienen el comportamiento de los usuarios, las características de los vehículos, la geometría de la vía, las condiciones meteorológicas, la señalización y el estado del pavimento, entre otros factores. Por tanto, no es técni-

camente adecuado atribuir un siniestro al firme sin investigación específica; tampoco lo es excluir de antemano la influencia de la infraestructura.

La textura y la resistencia al deslizamiento, la evacuación del agua, la regularidad superficial y la visibilidad de la señalización son aspectos relevantes para el funcionamiento seguro de una carretera. Su evaluación debe incorporarse a los sistemas de gestión de activos y a la programación de la conservación. La priorización de actuaciones debería apoyarse en datos de condición, exposición al tráfico y riesgo, documentando los criterios utilizados.

5. Las técnicas de reciclado, la incorporación de material recuperado (RA), el empleo de ligantes adecuados para rejuvenecer materiales envejecidos y la fabricación a temperaturas reducidas pueden contribuir al ahorro de materias primas y energía. El uso de NFU y de otros materiales secundarios también se ha investigado en distintas aplicaciones. Sin embargo, los beneficios efectivos dependen del diseño de la mezcla, la calidad de los materiales, el proceso de fabricación, el transporte, la puesta en obra y la durabilidad obtenida.

Por ello, las ventajas ambientales deben cuantificarse para cada solución mediante límites de sistema y métodos comparables, evitando asumir que la incorporación de material reciclado o una menor temperatura garantizan por sí solas un mejor resultado global. Cuando sea pertinente, la evaluación debería incluir consumo energético, emisiones, uso de recursos, gestión de residuos, vida útil y necesidades de mantenimiento. La conservación oportuna también forma parte de la estrategia ambiental, al contribuir a preservar el valor de la infraestructura existente.

Las mezclas fonoabsorbentes pueden ser adecuadas en determinados entornos urbanos, aunque su selección debe considerar el objetivo acústico, la evolución de sus prestaciones y las condiciones de explotación. Del mismo modo, las soluciones emergentes —incluidos nuevos materiales o sistemas de recarga en movimiento para vehículos eléctricos— requieren evaluación específica antes de su adopción generalizada.

Además de todo lo expuesto, las tribunas revisadas recogen anuncios sucesivos de Planes de Carreteras y compromisos de inversión que, según la crítica formulada, no siempre se han traducido en una continuidad suficiente de las actuaciones de conservación. Desde el punto de vista de la gestión de activos, el elemento decisivo no es solo la existencia de un Plan, sino su traducción en objetivos medibles, financiación previsible, programación plurianual y rendición de cuentas sobre la ejecución y los resultados.

Una política eficaz debería vincular los recursos a la condición de la red, al riesgo, a la importancia funcional de cada tramo y al coste del ciclo de vida. Asimismo, debería publicar indicadores de seguimiento que permitan comprobar la evolución del estado del firme, el cumplimiento de los programas y los resultados de las técnicas aplicadas.

Se proponian diversas lineas de actuación:

- Implantar protocolos de seguimiento a corto, medio y largo plazo para los tramos de ensayo, con indicadores definidos antes de la ejecución.
- Reforzar los sistemas de auscultación e inventario para priorizar las actuaciones según condición, riesgo y función de la vía.
- Programar la conservación preventiva con financiación plurianual y criterios de priorización transparentes.
- Facilitar proyectos demostradores que permitan aplicar innovaciones con control de calidad y evaluación posterior.
- Valorar las alternativas mediante criterios técnicos, económicos y ambientales, incluyendo durabilidad y coste de ciclo de vida.
- Publicar resultados de las actuaciones para favorecer la transferencia de conocimiento entre administraciones, empresas, laboratorios y universidades.
- Incorporar la seguridad vial y la sostenibilidad como dimensiones explícitas de la gestión de activos, evitando atribuciones causales sin evidencia.

La evolución tecnológica del sector ha generado una variedad considerable de mezclas, ligantes y procedimientos capaces de responder a objetivos estructurales, funcionales y ambientales. La cuestión central es cómo convertir esa capacidad en mejoras demostrables y duraderas para la red viaria.

La evaluación de los tramos de ensayo no debería limitarse a la fase inicial; la innovación debe conectarse con proyectos reales y con seguimiento en servicio. A su vez, la conservación preventiva requiere diagnóstico, priorización y continuidad presupuestaria. La seguridad y el desempeño ambiental deben evaluarse con indicadores pertinentes y sin simplificar relaciones causales complejas.

En definitiva, la mejora de las carreteras no depende exclusivamente de anunciar nuevos planes o desarrollar nuevas tecnologías. Requiere una gestión sostenida del patrimonio viario, criterios de decisión basados en evidencia, cooperación entre los agentes del sector y mecanismos para comprobar los resultados de las inversiones.

Esta tribuna recoge una reflexión crítica procedente de tribunas publicadas entre 2012 y 2020; sus propuestas deben contrastarse con datos actualizados de la red y con la normativa aplicable al ámbito concreto de cada actuación.

Si lo expuesto se refería a 15 años atrás, hoy (25/10/2026) se puede leer en el diario el Mundo, en la Actualidad Económica, un artículo sobre la España Deteriorada, sobre el estado de las carreteras del estado, autonómicas y diputaciones y cabildos en España. Los millones que se tendrían que invertir para su recuperación, las causas de los accidentes, la falta de planes etc

Pero lo triste es que todo lo que dice el autor en ese artículo ya se decía hace décadas en esta y otras revista del sector de carreteras.

#29 AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

"El reciclado de mezclas asfalticas representa un papel principal en el ahorro de recursos naturales (Art. Mezclas templadas con reutilización total del RAP con tasa alta y tasa total)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

Caracterización viscoelástica avanzada del comportamiento reológico de betunes rejuvenecidos

Mar Subarroca Gella
m.subarroca@sorigue.com
Núria Querol Solà
n.querol@sorigue.com
Marc Juárez Solans
m.juarezs@sorigue.com
Maria Argilés Rauret
maria.argiles@estudiantat.upc.edu

La evaluación de la eficacia de los rejuvenecedores en ligantes bituminosos se basa habitualmente en criterios simplificados, centrados en la recuperación de propiedades empíricas o en la reducción de la rigidez, lo que limita la capacidad para describir su comportamiento reológico real. En este contexto, el presente trabajo propone una metodología de caracterización reológica avanzada orientada a analizar la coherencia estructural del ligante a lo largo de todo el espectro tiempo–temperatura.
El enfoque se fundamenta en la combinación de barridos de temperatura, barridos múltiples temperatura–frecuencia y ensayos de fluencia–recuperación (MSCR), aplicados a ligantes con material fresado regenerados mediante distintos rejuvenecedores y betunes blandos. Este sistema permite interpretar de forma integrada la evolución del módulo complejo y del ángulo de fase en distintos dominios de solicitación.
Los resultados muestran que la simple reducción del módulo complejo no garantiza una correcta reorganización estructural del ligante, evidenciándose diferencias significativas en el ángulo de fase y en la respuesta en dominios de relajación largos. En particular, se identifican comportamientos anómalos asociados a una pérdida de coherencia en los mecanismos de relajación que no son detectables mediante criterios convencionales.
La metodología propuesta permite establecer criterios más robustos para la selección de rejuvenecedores, destacando el ángulo de fase como indicador clave de la calidad de la regeneración y la temperatura de cruce como el mejor descriptor de la estabilidad estructural relativa. En este sentido, se presenta como una herramienta general aplicable a diferentes proporciones de material reutilizado y estrategias de formulación, orientada a mejorar la interpretación del comportamiento reológico de ligantes bituminosos rejuvenecidos.

Palabras Clave: Betún reutilizado, rejuvenecedores, reómetro de corte dinámico (DSR), caracterización reológica, modulo complejo, ángulo de fase

The evaluation of rejuvenator effectiveness in asphalt binders is commonly based on simplified criteria, mainly focused on the recovery of empirical properties or stiffness reduction, which limits the ability to accurately describe their actual rheological behaviour. In this context, this study proposes an advanced rheological characterization methodology aimed at assessing the structural coherence of the binder across the full time–temperature spectrum.
The approach is based on the combined use of temperature sweeps, multiple temperature–frequency sweeps, and Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) tests, applied to reclaimed asphalt containing binders regenerated using different rejuvenators and soft bitumens. This framework enables an integrated interpretation of both complex modulus and phase angle over different loading domains.
Results show that stiffness reduction alone does not ensure proper structural reorganization of the binder, revealing significant differences in phase angle and in the response within long relaxation time domains. In particular, anomalous behaviours associated with a loss of coherence in relaxation mechanisms are

identified, which are not detectable using conventional evaluation criteria.
The proposed methodology provides more robust criteria for rejuvenator selection, highlighting the phase angle as a key indicator of regeneration quality and the crossover temperature as the best descriptor of relative structural stability. It is presented as a general framework applicable to different reclaimed asphalt pavement (RAP) contents and formulation strategies, contributing to a more reliable interpretation of the rheological behaviour of recycled asphalt binders.

Keywords: Recycled bitumen, rejuvenators, dynamic shear rheometer (DSR), rheological characterization, complex modulus, phase angle.

1. INTRODUCCIÓN

El impulso al uso de técnicas de reciclado del material procedente del fresado en España se enmarca en la estrategia europea de descarbonización y economía circular, especialmente reforzada por el European Green Deal, el Plan de Acción para la Economía Circular y las nuevas normativas sobre residuos y materiales que priorizan la reutilización y el reciclado en sectores intensivos como la construcción. A nivel europeo, la reciente aprobación de normas que fortalecen la circularidad y restringen el traslado de residuos fuera de la UE ha incrementado la necesidad de valorizarlos localmente, favoreciendo soluciones como el reciclado de pavimentos asfálticos. En España, esta presión regulatoria converge con la actualización de los pliegos técnicos nacionales a través de la aprobación de las órdenes circulares 1 y 2/2023 que autorizan y promueven mayores porcentajes de material fresado en mezclas bituminosas. En este contexto, el sector avanza en el objetivo de optimizar su gestión y reutilización, garantizando que su reincorporación se realice conforme a criterios técnicos y ambientales adecuados.

A diferencia de otros materiales de construcción, el betún presente en el fresado conserva su capacidad de reorganización estructural, lo que permite su reutilización en distintos procesos de fabricación, tanto in situ como en central, y bajo diferentes condiciones térmicas. No obstante, el grado de envejecimiento del ligante y la proporción de material reutilizado condicionan de forma decisiva el comportamiento final del material. En este sentido, el empleo de aditivos rejuvenecedores resulta, en muchos casos, necesario para restaurar las propiedades del ligante y garantizar una respuesta mecánica efectiva y duradera.

Sin embargo, la evaluación de la eficacia de estos rejuvenecedores se basa habitualmente en criterios simplificados, como la recuperación de propiedades empíricas o la reducción de la rigidez del ligante, lo que puede conducir a interpretaciones incompletas del comportamiento viscoelástico del material. En particular, estos enfoques no permiten determinar si la reorganización interna del ligante se produce de forma coherente a lo largo de todo el espectro tiempo–temperatura [1], ni identificar posibles anomalías estructurales asociadas al proceso de regeneración.

2. OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo principal desarrollar una metodología de análisis reológico avanzado que permita evaluar la regeneración del ligante bituminoso desde una perspectiva estructural, más allá de los enfoques tradicionales basados exclusivamente en la reducción de rigidez o en la recuperación de propiedades empíricas.

De forma específica, el estudio tiene la finalidad de:

- Evaluar la utilidad de diferentes herramientas reológicas avanzadas (barridos de temperatura, barridos múltiples temperatura–frecuencia y ensayos de fluencia–recuperación) como base para una metodología integrada de análisis [1-7].
- Analizar la capacidad de distintos rejuvenecedores y estrategias de regeneración para restaurar de manera coherente la respuesta viscoelástica del ligante.
- Identificar patrones reológicos característicos que permitan diferenciar entre una simple reducción del módulo complejo y una verdadera reorganización

estructural del material.

• Establecer criterios que permitan detectar anomalías en el comportamiento del ligante, especialmente en condiciones dominadas por tiempos de relajación largos, es decir, a temperaturas elevadas y bajo solicitaciones de baja frecuencia (o largos tiempos de carga), representativas de condiciones de servicio con deformaciones lentas.

Cabe destacar que el objetivo del trabajo no es realizar una evaluación normativa de los rejuvenecedores, sino proponer un marco metodológico general que permita interpretar la respuesta reológica del ligante y facilitar la selección racional de soluciones de regeneración en sistemas bituminosos reutilizados.

3. METODOLOGÍA

La caracterización convencional de los ligantes bituminosos se apoya históricamente en ensayos empíricos como la penetración conforme la norma EN 1426 [9], el punto de reblandecimiento anillo–bola conforme la norma EN 1427 [10] y la viscosidad cinemática conforme la norma EN 12595 [11]. Estos parámetros permiten clasificar el material dentro de un rango normativo y verificar su comportamiento básico, pero su capacidad descriptiva es limitada: se trata de valores puntuales obtenidos en condiciones específicas que no capturan la naturaleza viscoelástica del ligante ni su evolución en el dominio tiempo–temperatura.

Esta limitación se acentúa cuando se incorporan rejuvenecedores. Una recuperación de penetración o una disminución del punto de reblandecimiento pueden indicar una reducción de rigidez, pero no permiten discernir si se ha producido una verdadera reorganización estructural del sistema coloidal del betún o simplemente una plastificación transitoria. En otras palabras, los ensayos empíricos informan de "cuánto se ha ablandado" el material, pero no de "cómo se comporta" estructuralmente tras la intervención.

Por este motivo, el presente trabajo propone un sistema de caracterización reológica avanzada orientado a analizar el comportamiento viscoelástico del ligante reutilizado en todo su espectro de solicitación. El enfoque se fundamenta en el uso de un reómetro de corte dinámico (DSR), tomando como referencia el procedimiento descrito en la norma EN 14770 [12], pero ampliando el rango de estudio más allá de su aplicación estrictamente normativa.

Sobre esta base se desarrolla un barrido combinado de temperatura de 5 a 80 ºC y frecuencia de 0 a 21 Hz [1-7] que permite generar una representación tridimensional del comportamiento del ligante. Este tratamiento posibilita estudiar el material en distintos regímenes tiempo–temperatura e identificar patrones que no se evidencian mediante un único valor de módulo complejo o penetración. Complementariamente, se incorpora el ensayo de fluencia–recuperación bajo múltiples esfuerzos repetidos (MSCR) [6-7], siguiendo las directrices generales de la norma EN 16659 [13], no con finalidad clasificatoria sino como herramienta interpretativa bajo cargas repetidas.

La combinación de ambos ensayos —barrido múltiple temperatura–frecuencia y MSCR— permite analizar de forma integrada la eficiencia disipativa del ligante y su estabilidad estructural relativa, es decir, el equilibrio entre almacenamiento y disipación de energía frente a variaciones térmicas y solicitaciones cíclicas.

4. CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN REOLÓGICA PARA EVALUAR LA REESTRUCTURACIÓN DEL LIGANTE

Una vez definido el marco metodológico, resulta imprescindible establecer los criterios que se van a seguir para la evaluación de los resultados obtenidos.

En este contexto, el interés no se centra únicamente en constatar una reducción de rigidez, sino en identificar patrones reológicos compatibles con una restitución equilibrada de los mecanismos de almacenamiento y disipación de energía. Se establecen a continuación los criterios de lectura que permitirán interpretar las representaciones gráficas posteriores. Estos criterios se apoyan en el marco conceptual del espectro de relajación y la organización estructural del ligante:

Marco conceptual: espectro de relajación y organización estructural del ligante

El comportamiento reológico de un ligante bituminoso puede entenderse como la respuesta conjunta de diferentes componentes coloidales, cada uno con su pro-

pio tiempo de reacción frente a una solicitación mecánica. El conjunto de estos tiempos se conoce como espectro de relajación y representa los distintos tiempos que gobiernan la respuesta del material [1]: cuando la solicitación es más rápida que un tiempo característico determinado, la fracción asociada responde de forma predominantemente elástica; cuando es más lenta, esa misma fracción dispone de tiempo suficiente para relajarse y disipar energía de manera viscosa.

En el caso del betún, este espectro no se concentra en un único tiempo dominante —como podría sugerir una transición vítrea bien definida [1,4]— sino que se distribuye de forma amplia y continua, reflejando su naturaleza coloidal y la coexistencia de múltiples mecanismos de interacción estructural. Desde el punto de vista composicional, este comportamiento está gobernado por la denominada fracción SARA [14] (saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos) [8], que describe las principales familias químicas del ligante y cuya interacción define tanto su organización interna como su respuesta reológica.

En términos reológicos:

- Dominios de relajación rápidos (tiempos de relajación cortos) reflejan respuestas dominadas por fracciones más móviles del sistema (saturados y aromáticos), donde los mecanismos viscosos tienen mayor peso relativo.
- Dominios de relajación lentos (tiempos de relajación largos) están asociados a estructuras con mayor grado de interacción interna (asfaltenos), cuya reorganización requiere más tiempo y que contribuyen de forma significativa al almacenamiento elástico de energía.

Limitaciones de la observación puntual

El ensayo de barrido de temperaturas conforme a EN 14770 [12], realizado a 1,59 Hz, responde a una condición frecuencial convencional adoptada en el ámbito de carreteras como referencia representativa de solicitaciones en servicio, cuyo origen se encuentra en los criterios del programa SHRP (Strategic Highway Research Program) y su desarrollo posterior en el sistema Superpave (Superior Performing Asphalt Pavements) [15]. Este enfoque permite establecer una base común de comparación entre ligantes y comenzar a distinguir tendencias entre materiales envejecidos y tratados.

No obstante, restringir el análisis a una única frecuencia limita la capacidad de detectar posibles anomalías en regímenes dominados por tiempos de relajación largos (frecuencias bajas). Dichas anomalías pueden no manifestarse de forma evidente en el dominio normativo, aunque sí pueden hacerse visibles a temperaturas elevadas o cuando se amplía el rango frecuencial. Por tanto, el análisis se extiende al barrido múltiple temperatura–frecuencia, lo que permite una lectura más completa del comportamiento viscoelástico.

Representación tridimensional y necesidad de seccionamiento

El barrido múltiple genera una representación tridimensional (figura 1) en la que pueden analizarse simultáneamente el módulo complejo (G*), sus componentes elástica (G') y viscosa (G''), el ángulo de fase (δ) y otras variables reológicas en función de temperatura y frecuencia.

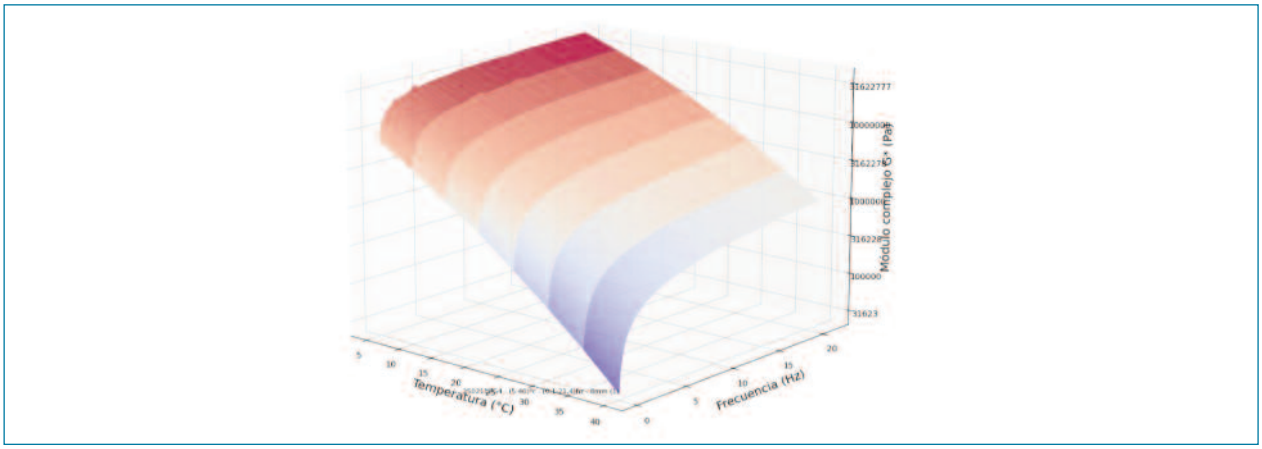


Figura 1. Ejemplo de módulo complejo en función de temperatura y frecuencia

Sin embargo, estas superficies 3D son de difícil lectura directa. Por ello, el análisis se apoya en planos seccionados:

- **Isócronas**: gráficos 2D en función de la temperatura a frecuencia constante.
- **Isotermas**: gráficos 2D en función de la frecuencia a temperatura constante.

A través de las isócronas se puede comparar tendencias, evaluar la sensibilidad térmica del material y detectar posibles divergencias en condiciones de temperatura elevada. No obstante, la superposición de curvas en este plano puede dificultar la identificación precisa de irregularidades estructurales.

En cambio, las isotermas ofrecen una sección transversal que separa mejor los datos y facilita la detección de comportamientos no lineales y desviaciones en regímenes dominados por frecuencias bajas, donde los mecanismos de relajación lenta adquieren mayor relevancia estructural.

De forma complementaria, se emplean diagramas de Black, que representan el módulo complejo (G*) en función del ángulo de fase (δ) independientemente de la temperatura y la frecuencia. Esta proyección permite evaluar la coherencia reológica del material y detectar desviaciones en el equilibrio entre almacenamiento y disipación de energía, aunque no es tan evidente de observar como en los planos temperatura–frecuencia de la temperatura de cruce que se explica en el siguiente subapartado. En particular, este diagrama ayuda a observar los desplazamientos o dispersiones anómalas a altos valores de temperatura (bajos módulos) que pueden indicar alteraciones en los mecanismos estructurales dominantes.

Temperatura de cruce como indicador de estabilidad relativa

Del análisis tridimensional de la componente elástica (G') y viscosa (G") (figura 2) se obtienen dos superficies cuya intersección define la condición:

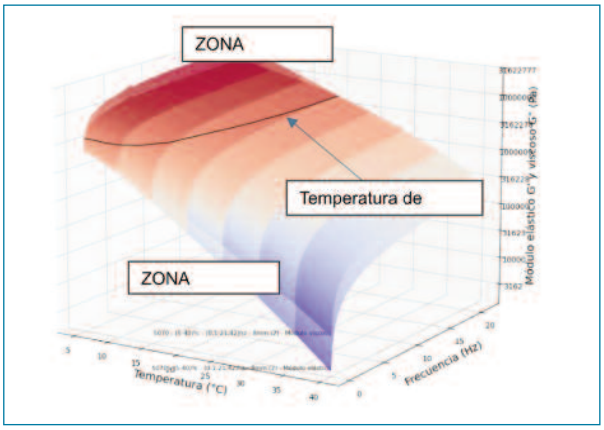


Figura 2. Ejemplo de la intersección entre el módulo elástico y viscoso

Esta intersección genera la denominada temperatura de cruce. Al proyectar la curva de cruce sobre el plano frecuencia–temperatura, se obtiene una representación que permite analizar la evolución del equilibrio entre almacenamiento y disipación de energía frente al incremento térmico. Sin embargo, la representación en los otros dos planos posibles no son métodos que puedan describir correctamente la jerarquía de patrones.

Desde un punto de vista reológico:

- Una temperatura de cruce más elevada indica que el componente elástico mantiene su predominio relativo en un rango térmico más amplio.
- Una temperatura de cruce más baja sugiere una transición más temprana hacia un comportamiento dominado por la disipación.

En este trabajo, la temperatura de cruce no se interpreta como un valor absoluto de desempeño, sino como un indicador comparativo de estabilidad relativa del equilibrio G'–G" entre distintas formulaciones.

Correlación con el ensayo de fluencia–recuperación

Desde una perspectiva complementaria, y trasladando el análisis al dominio de solicitaciones cíclicas a esfuerzo constante, el ensayo de fluencia–recuperación múltiple (MSCR), basado en la norma EN 16659 [13], proporciona representaciones bidimensionales de deformación de corte en función del tiempo y los ciclos de carga.

Aunque la norma europea EN 16659 [13] describe el procedimiento y los parámetros de evaluación sin establecer categorías de clasificación, en otros marcos nor-

mativos —como la norma estadounidense [6,7] AASHTO T350 [16]— el MSCR se utiliza con fines clasificatorios según la norma [6,7] AASHTO M332 [17]. En el presente estudio no se adopta ningún esquema de clasificación; los parámetros obtenidos se emplean exclusivamente como indicadores comparativos del comportamiento estructural.

Se ha observado que los parámetros derivados del MSCR presentan una correlación consistente con la evolución de la temperatura de cruce en el plano frecuencia–temperatura. Ambos enfoques, desde perspectivas distintas, permiten evaluar la estabilidad estructural relativa del ligante frente a solicitaciones repetidas y frente al incremento térmico. De este modo, el análisis en el dominio frecuencia–temperatura y el análisis en el dominio tiempo–esfuerzo convergen en una lectura estructural coherente del ligante.

5. CASO PRÁCTICO

El conjunto de resultados se basa en un escenario experimental correspondiente a una mezcla compuesta por un 25% de material fresado (RA) y un 75% de betún B50/70, cuyo objetivo reológico es reproducir el comportamiento de un betún B50/70 virgen mediante la adición de distintos rejuvenecedores, es decir, conseguir el mismo módulo complejo (G*) y ángulo de fase (δ). Como referencia adicional, se incluye un betún B70/100, así como una mezcla alternativa compuesta por 25% de RA y 75% de B160/220 sin rejuvenecedor, con el mismo objetivo de ajuste reológico.

La dosificación de los rejuvenecedores se determinó ajustando la cantidad necesaria para alcanzar una penetración equivalente a la de un B50/70 virgen, de acuerdo con la norma EN 1426. Todas las muestras fueron sometidas a envejecimiento mediante ensayo RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) de la norma EN 12607-1 [18] con el objetivo de simular el envejecimiento y determinar la sensibilidad a la oxidación.

Las muestras analizadas se estructuran de la siguiente manera:

- **M0**: B50/70 (M0.1–M0.5) y B70/100 (M0 – 70/100) como referencia objetivo.
- **M1**: RA + B50/70 (M1.1 y M1.2) como referencia de partida.
- **M2**: RA + B50/70 + rejuvenecedor A.
- **M3**: RA + B50/70 + rejuvenecedor B.
- **M4**: RA + B50/70 + rejuvenecedor C.
- **M5**: RA + B160/220 (M5.1 y M5.2).

Análisis mediante el barrido de temperaturas con parámetros de la norma EN 14770 (isócronas)

Como primer acercamiento, se presenta el módulo complejo obtenido mediante barrido de temperatura siguiendo la norma EN 14770 [12]. Dada la densidad de muestras, se dividen los resultados en dos gráficos: el primero en la figura 3 muestra únicamente los betunes objetivo M0 y las mezclas M1 de referencia de donde se parte. La muestra M1.1 no presenta resultados coherentes a temperaturas altas:

El segundo gráfico en la figura 4 muestra las mezclas

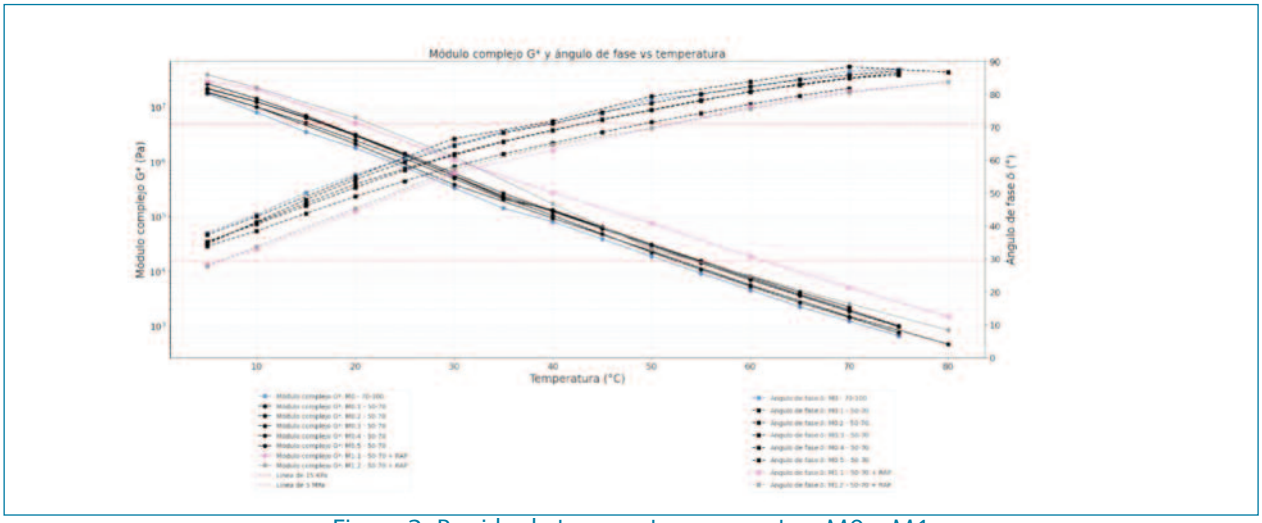


Figura 3. Barrido de temperaturas, muestras M0 y M1

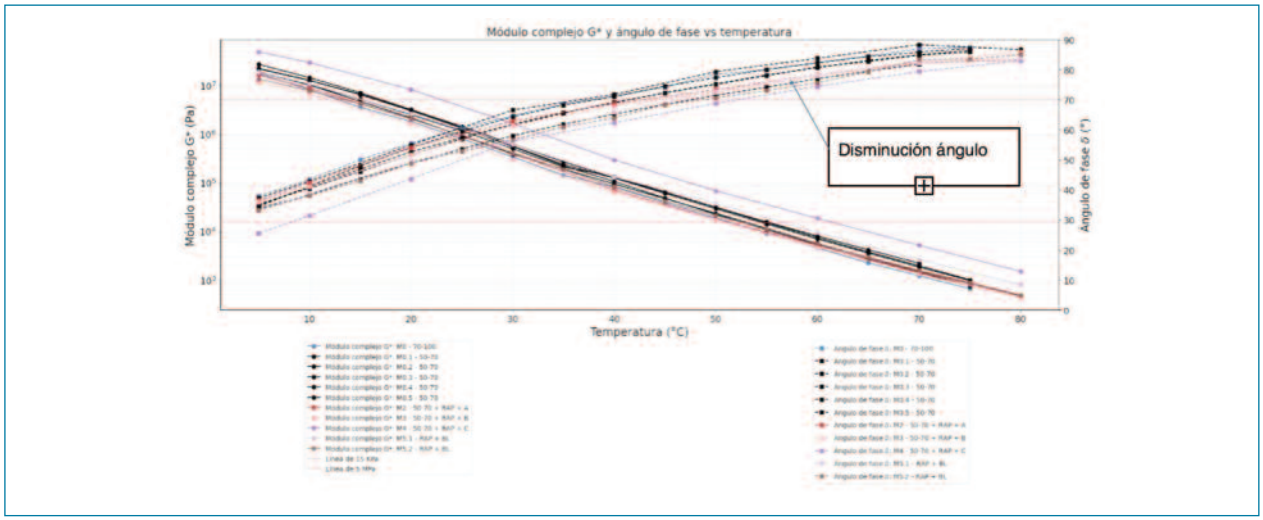


Figura 4. Barrido de temperaturas, muestras M0, M2, M3, M4 y M5

rejuvenecidas y con betunes blandos **(M2–M5)** comparadas con las mezclas objetivo **M0**:

Ante la dificultad visual para clasificar las muestras, se utilizan las referencias normativas de 5 MPa y 15 kPa con los resultados en la tabla 1 y tabla 2. Se observa que la mezcla rejuvenecida M3(B) es la que consigue siempre reducir más el módulo complejo incluso por debajo de M0(B70/100), mientras que la muestra M2(A) alcanza resultados por debajo de los valores objetivo M0(B50/70), y en cierta medida las muestras M5 mezcladas con el betún blando y sin rejuvenecedor. La muestra M4(C) es afectada por el efecto de la oxidación del RTFOT envejeciendo la muestra.

Tabla 1. Criterio de 5 MPa según la norma EN 14770

Posición según G* a 5 MPa	Muestra	Temperatura a G* = 5 MPa [°C]	Ángulo de fase (δ) [°]
1	M3 - 50-70 + RAP + B	11,84	42,97
2	M0 - 70-100	12,81	47,17
3	M5.2 - RAP + BL	13,36	41,41
4	M2 - 50-70 + RAP + A	13,72	46,72
5	M0.5 - 50-70	14,46	48,22
6	M0.2 - 50-70	15,14	47,01
7	M5.1 - RAP + BL	15,24	44,41
8	M0.3 - 50-70	16,53	47,77
9	M0.4 - 50-70	16,74	45,54
10	M0.1 - 50-70	17,02	50,42
11	M1.1 - 50-70 + RAP	20,12	44,61
12	M1.2 - 50-70 + RAP	21,46	47,00
13	M4 - 50-70 + RAP + C	22,96	47,36

Tabla 2. Criterio de 15 kPa según la norma EN 14770

Posición según G* a 15 kPa	Muestra	Temperatura a G* = 15 kPa [°C]	Ángulo de fase (δ) [°]
1	M3 - 50-70 + RAP + B	51,03	73,37
2	M2 - 50-70 + RAP + A	51,25	73,95
3	M0 - 70-100	51,48	78,88
4	M5.2 - RAP + BL	52,57	71,82
5	M0.1 - 50-70	52,62	71,82
6	M0.5 - 50-70	53,04	78,73
7	M0.3 - 50-70	54,49	80,66
8	M1.2 - 50-70 + RAP (*)	54,59	77,90
9	M0.2 - 50-70	54,89	72,35
10	M0.4 - 50-70	55,17	77,92
11	M5.1 - RAP + BL (**)	56,62	74,22
12	M1.1 - 50-70 + RAP	61,51	76,84
13	M4 - 50-70 + RAP + C	61,55	75,17

(*): Valor muy desviado, debería tener temperaturas más elevadas

(**): Valor un poco desviado, debería tener temperaturas más bajas

La simple disminución del módulo no garantiza la recuperación estructural: el análisis del ángulo de fase evidencia diferencias importantes. Aunque el criterio basado en valores de módulo complejo (como 5 MPa o 15 kPa) resulta útil para establecer puntos de comparación entre ligantes, su interpretación presenta limitaciones cuando se analiza el ángulo de fase. En estos puntos, las muestras no se encuentran necesariamente en estados estructurales equivalentes, sino en condiciones definidas únicamente por el valor del módulo complejo (G*). Por lo tanto, no es correcto hacer una jerarquía estructural del ángulo de fase (δ) en puntos definidos por un criterio del módulo complejo (G*), y sin una condición normativa para el ángulo de fase, el análisis es visual.

En particular, los ligantes con betún blando (M5) mantienen un carácter más elástico, mientras que las mezclas rejuvenecidas (M2(A) y M3(B)) alcanzan el rango de ángulo de fase de los betunes objetivo M0(B50/70), aunque esta tendencia se pierde a temperaturas elevadas. Esto indica que, si bien la rigidez se recupera o mejora, la reorganización interna del material no es completamente homogénea en todo el espectro térmico, mostrando anomalías principalmente en regímenes de temperatura alta donde dominan los tiempos de relajación largos.

Además, la muestra rejuvenecida M3(B) que es la que consigue reducir más el módulo complejo, no es la que aumenta más el ángulo de fase, es decir que la muestra M2(A) consigue mejor reestructuración respecto M3(B).

Análisis mediante el diagrama de Black

Como complemento al barrido de temperaturas conforme a la norma EN 14770 [12], se analiza el diagrama de Black obtenido a partir del barrido múltiple temperatura–frecuencia (0–80 °C; 0–21 Hz). En este caso se representan las muestras M0 (sin incluir el B70/100), M2(A), M3(B), M5.1 y M5.2.

En primer lugar, se presenta el diagrama en formato de distribución de puntos experimentales: |G*| frente a δ en la figura 5. Esta representación permite observar el comportamiento del ángulo de fase a lo largo de todo el

espectro reológico sin depender explícitamente de la temperatura. En la zona correspondiente a módulos bajos —asociados a temperaturas elevadas— las muestras rejuvenecidas M2(A) y M3(B) muestran una desviación respecto a la tendencia principal de los datos. Esta dispersión no se aprecia en las mezclas con betún blando M5.1 y M5.2, cuyos puntos mantienen una alineación más coherente con la referencia M0.

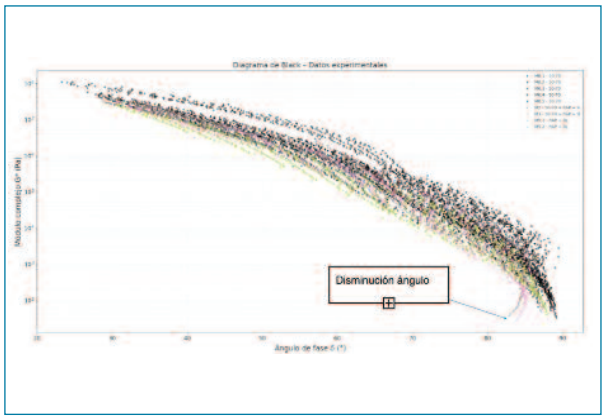


Figura 5. Diagrama de Black con datos experimentales, muestras M0, M2, M3, M5

Esta observación refuerza lo detectado previamente en el barrido de temperaturas: la reducción de rigidez conseguida con determinados rejuvenecedores no implica necesariamente una respuesta estructural homogénea en todo el dominio térmico, apareciendo irregularidades en regímenes de alta temperatura.

Posteriormente, al representar las mismas muestras mediante curvas suavizadas ajustadas con splines en la figura 6, se obtiene una visión más continua de la tendencia global. Aunque estas curvas sugieren que las mezclas con betún blando presentan un comportamiento ligeramente más elástico, el diagrama de Black —incluso con ajuste matemático— no constituye una herramienta suficientemente precisa para establecer de forma concluyente qué formulación mantiene un mayor predominio elástico o viscoso.

Por tanto, el diagrama de Black se emplea aquí como herramienta de verificación cualitativa de posibles anomalías en el ángulo de fase, especialmente a módulos bajos, pero no como criterio definitivo de caracterización estructural. La evaluación cuantitativa del equilibrio entre almacenamiento y disipación se abordará en

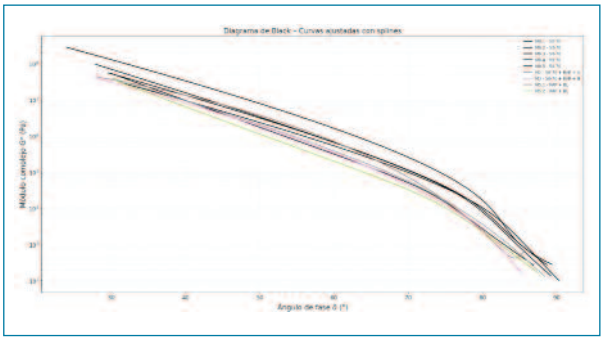


Figura 6. Diagrama de Black con ajuste de splines, muestras M0, M2, M3, M5

el siguiente bloque mediante el análisis de la temperatura de cruce.

Análisis mediante la temperatura de cruce

Tras comprobar que el diagrama de Black no permite caracterizar con suficiente precisión el equilibrio viscoelástico entre las muestras, se presenta el análisis de temperatura de cruce, el cual permite describir con mayor claridad la estabilidad estructural relativa del ligante.

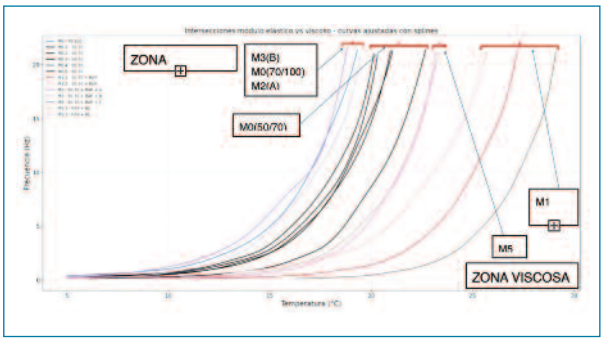


Figura 7. Temperatura de cruce, muestras M0, M1, M2, M3, M4 y M5

En la representación conjunta de todas las muestras en la figura 7 se observa con claridad la jerarquía estructural esperada: las mezclas de referencia de partida M1 se sitúan en posiciones más elásticas en el extremo derecho, mientras que los betunes objetivo M0(B50/70), de color negro, muestran un comportamiento más viscoso. El M0(B70/100) aparece desplazado ligeramente hacia la zona más viscosa, coherente con su menor rigidez.

Este gráfico permite además visualizar de forma directa el efecto de los dos enfoques de rejuvenecimiento considerados. Partiendo de las muestras de referencia

M1 desplazadas a la derecha, cuando se sustituye la fracción de ligante aportado por un betún blando (M5), las curvas permanecen claramente desplazadas hacia la zona elástica respecto a los betunes objetivo M0(B50/70), indicando que este método resulta poco eficaz para reproducir la estructura viscoelástica del ligante de referencia.

En cambio, los betunes rejuvenecidos M2(A) y M3(B) muestran un desplazamiento notable hacia la zona viscosa por debajo del rango de los betunes objetivo M0(B50/70), alcanzando incluso posiciones alrededor de M0(B70/100). Entre ellos, M2(A) presenta un comportamiento ligeramente más viscoso que M0(B70/100) y M3(B). La única excepción corresponde a M4(C), cuya respuesta se ve claramente afectada por la oxidación del RTFOT, desplazándose nuevamente hacia niveles próximos a las muestras de referencia M1.

A priori, este comportamiento resulta coherente con los resultados del barrido de temperaturas, donde las muestras rejuvenecidas presentan un módulo complejo inferior al de las mezclas de referencia M0(B50/70). Sin embargo, aparece una aparente contradicción al analizar el ángulo de fase en el mismo barrido de temperaturas. En las isócronas representadas a 1,59 Hz se observa que algunas muestras objetivo M0 alcanzan valores de ángulo de fase superiores que M3(B), y muy levemente respecto M2(A). Esta observación genera una paradoja aparente, ya que, si los rejuvenecidos presentan una temperatura de cruce anterior, su comportamiento también debería reflejarse a temperaturas bajas en un mayor ángulo de fase en el barrido de temperaturas porque anticipa antes la condición G"'"=G""(δ=45°).

La explicación de esta aparente incoherencia se obtiene al analizar la evolución de la temperatura de cruce a frecuencias bajas. Si se observa la línea correspondiente a 1,59 Hz en la figura 8, en este caso la jerarquía estructural entre M2(A), M3(B) y M0 aún se mantiene, a diferencia del ensayo de barrido temperaturas a 1,59 Hz con la normativa EN 14770 ya que son probetas diferentes. Sin embargo, al reducir progresivamente la frecuencia se aprecia que las curvas de M2(A) y M3(B) dejan de mantener la tendencia aproximadamente paralela del resto de muestras y comienzan a desplazarse hacia comportamientos relativamente más elásticos, y en especial M3(B) queda más elástico que las muestras M0.

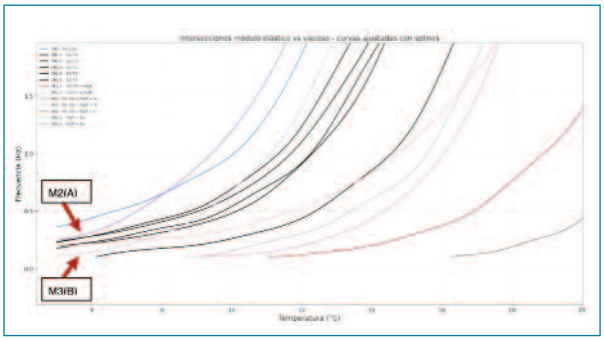


Figura 8. Temperatura de cruce a frecuencias bajas, muestras M0, M1, M2, M3, M4 y M5

En otras palabras, los ligantes rejuvenecidos muestran una pérdida de viscosidad relativa a bajas frecuencias, revelando una mayor componente elástica en condiciones de solicitación lenta. Este comportamiento explica por qué el ángulo de fase global, sobre todo de M3(B), observado en el barrido de temperaturas, según la norma EN 14770, a temperaturas bajas puede resultar inferior al de algunos betunes objetivo M0(B50/70), a pesar de que su temperatura de cruce aparezca a temperaturas más bajas. Si bien no es evidente aún este fenómeno, se puede comparar gráficos a diferentes isócronas de 0,21Hz, 1,5Hz, 9Hz y 21Hz, donde se haría evidente que a medida que se reduce la frecuencia (0,21Hz y 1,5 Hz), el ángulo de fase de la muestra rejuvenecida M3(B) se va reduciendo por debajo de los betunes M0(B50/70), y en menor medida M2(A). Esta observación no se mostrará en este artículo.

Por tanto, el análisis conjunto del barrido de temperaturas y de la temperatura de cruce revela que los rejuvenecedores introducen anomalías reológicas localizadas en condiciones de temperatura elevada y baja frecuencia, es decir en dominios de relajación lenta donde se expresan los asfaltenos. Estas desviaciones no se detectan con la misma claridad en las muestras modificadas con betún blando, debido a que estas no consiguen una reestructuración suficientemente significativa del ángulo de fase.

En consecuencia, el ángulo de fase emerge como el parámetro que mejor delata el efecto real del rejuvenecimiento, mostrando cómo las muestras rejuvenecidas al-

canzan temperaturas de cruce más tempranas, pero presentan una evolución menos pronunciada del ángulo de fase al aumentar la temperatura. Esto implica que, a temperaturas elevadas, su comportamiento tiende a ser relativamente más elástico.

Intentar cuantificar esta sensibilidad térmica mediante derivadas parciales hessianas del ángulo de fase —es decir, analizando la curvatura local de la superficie δ(T, f) a partir de segundas derivadas respecto a la temperatura y la frecuencia— no resulta adecuado, ya que el fenómeno es altamente sensible a pequeñas irregularidades presentes en los datos discretos.

Ante la complejidad que introduce la interpretación del ángulo de fase, el diagrama de temperatura de cruce surge como el mejor descriptor de la estabilidad estructural relativa. En el siguiente bloque de resultados se centra en el análisis mediante isotermas, que permiten aislar el efecto de la frecuencia y aporta otro punto de vista que demuestra estas desviaciones estructurales.

Análisis mediante el barrido de frecuencias (isotermas)

Las isotermas permiten realizar una lectura reológica más localizada de los resultados, al analizar la evolución del material en función de la frecuencia manteniendo constante la temperatura. De este modo se reduce la superposición de efectos temperatura–frecuencia observada en los análisis anteriores.

Dado que los resultados previos ya han evidenciado que las mezclas con betunes blandos M5 y la muestra M4(C) no constituyen soluciones viables de regeneración, estas se excluyen del análisis isotérmico para centrar la comparación en los ligantes rejuvenecidos M2(A) y M3(B).

Como ejemplo representativo se muestra la isoterma a 10 °C en la figura 9. En este gráfico se observa que la muestra M3(B) continúa siendo la que consigue una mayor reducción del módulo complejo, incluso situándose ligeramente por debajo de los niveles de las muestras M0. Sin embargo, el ángulo de fase no sigue una correlación jerárquica equivalente. Aunque las diferencias son pequeñas, esta desviación se vuelve progresivamente más evidente a frecuencias bajas.

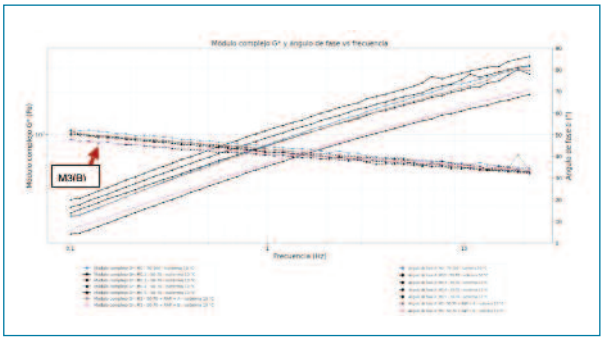


Figura 9. Barrido de frecuencias a 10 °C, muestras M0, M2 y M3

En contraste, la muestra M2(A) también consigue reducir el módulo complejo hasta niveles comparables a los de M0, pero su ángulo de fase mantiene una coherencia estructural mayor con el comportamiento esperado para un B50/70, aunque la correspondencia no sea completamente perfecta.

En conjunto, los métodos aplicados hasta este punto indican que, entre los rejuvenecedores M2(A) y M3(B), el primero es el que consigue una mejor regeneración del ángulo de fase en relación con el nivel de módulo complejo correspondiente, además de minimizar en mayor medida las anomalías observadas a temperaturas elevadas y frecuencias bajas.

Las isotermas también permiten analizar con mayor claridad las anomalías detectadas a temperaturas elevadas. Para ello se representa la isoterma a 60 °C en la figura 10, utilizando la descomposición del módulo complejo en sus componentes elástico (G') y viscoso (G"), dado que el ángulo de fase es consecuencia directa de la relación entre ambos.

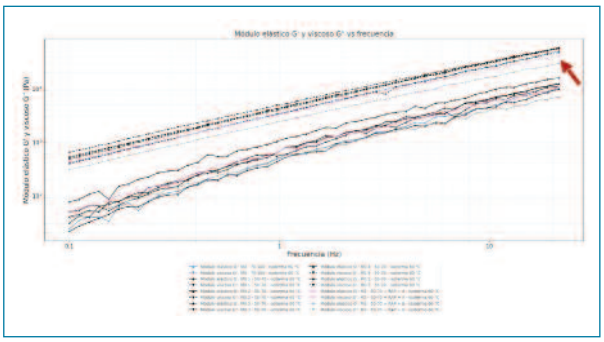


Figura 10. Barrido de frecuencias a 60 °C, muestras M0, M2 y M3

En esta representación puede plantearse la hipótesis de que la reducción del ángulo de fase a temperaturas altas observada en las muestras rejuvenecidas está asociada principalmente al comportamiento del módulo viscoso. Este efecto se aprecia con mayor claridad en la muestra M3(B), donde la jerarquía relativa entre los módulos elástico y viscoso parece desviarse respecto al patrón observado en las muestras de referencia M0.

Tomando como referencia los valores de M0, que representan el comportamiento estructural esperado, se observa que los módulos elásticos de las muestras rejuvenecidas mantienen posiciones relativamente próximas, mientras que sus módulos viscosos tienden a situarse por debajo de los correspondientes a M0. Esta desviación se interpreta como un posible origen de las anomalías detectadas en el ángulo de fase.

Cabe señalar que esta observación resulta difícil de identificar visualmente, ya que el gráfico se representa en escala logarítmica y las diferencias se manifiestan principalmente en el rango de frecuencias altas. A frecuencias bajas el patrón se vuelve menos evidente, debido a que las pendientes de los módulos se vuelven más planas, fenómeno análogo al observado en el ángulo de fase de las isócronas.

A frecuencias bajas, sin embargo, no es posible atribuir de forma directa este comportamiento a uno de los componentes del módulo complejo, ya que los patrones de referencia resultan más difíciles de interpretar y no se representarán en este artículo. No obstante, el hecho de que en las isotermas a temperaturas elevadas la anomalía parezca asociarse principalmente al módulo viscoso sugiere que podría tratarse de un fenómeno relacionado en regímenes dominados por tiempos de relajación largos donde los asfaltenos delatan su comportamiento. En este sentido, aunque no existe evidencia suficiente para afirmarlo de forma concluyente, es razonable plantear la hipótesis de que un comportamiento análogo podría manifestarse también en condiciones equivalentes caracterizadas por regímenes de relajación lentos también a frecuencias bajas.

Desde una perspectiva estructural, el sistema muestra una tendencia coherente: los valores correspondientes a frecuencias altas y temperaturas bajas actúan como puntos de referencia más estables del material. A medida que el análisis se desplaza hacia temperaturas altas o frecuencias bajas, los dominios intermedios y cortos dejan de actuar, las pendientes del ángulo de fase se reducen y el comportamiento reológico pasa a estar más condicionado por la estructura introducida por los rejuvenecedores.

Análisis mediante el ensayo de fluencia-recuperación (MSCR).

Como último elemento de contraste experimental se incorpora el ensayo de fluencia–recuperación múltiple (MSCR), representando la deformación de corte acumulada bajo el nivel de esfuerzo de 3200 Pa a 60 °C, tal como propone la norma EN 16659 [13] en la figura 11 (la norma no hace referencia a la temperatura de ensayo).

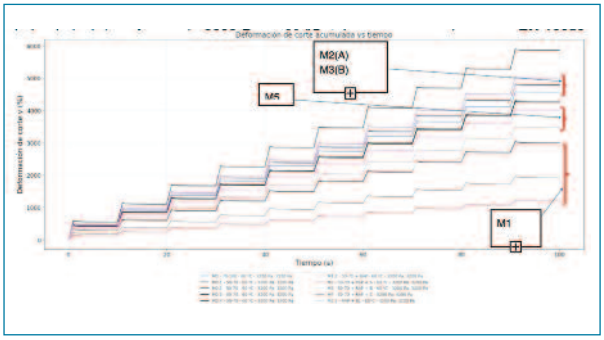


Figura 11. Ensayo de fluencia-recuperación a 3200 Pa

Aunque este ensayo suele emplearse en la práctica para evaluar la resistencia a la deformación permanente, en este estudio se utiliza principalmente como herramienta comparativa adicional, permitiendo contrastar si la jerarquía de comportamiento observada mediante los análisis reológicos previos se mantiene bajo solicitaciones de esfuerzo constante. Si bien el gráfico no deja claro la jerarquía de posiciones, se resume en la tabla 3 los resultados del cálculo de plasticidad (compliancia) los cuales muestran con gran precisión el orden jerárquico de deformación permanente.

El gráfico y la tabla obtenidos muestran una correlación muy cercana al diagrama de temperaturas de cruce. Mientras que el gráfico de temperatura de cruce describe la estabilidad estructural relativa del ligante en el dominio frecuencia–temperatura, el ensayo MSCR refleja la capacidad del material para resistir deformaciones

Tabla 3. Criterio de la complianza a 3200 Pa

Posición según la compliancia a 3,2 kPa	Muestra	Compliancia a 3,2 kPa [1/kPa]
1	M0.1 - 50-70	1,833
2	M2 - 50-70 + RAP + A	1,563
3	M0.2 - 50-70	1,497
4	M3 - 50-70 + RAP + B	1,485
5	M0 - 70-100	1,426
6	M0.4 - 50-70	1,339
7	M0.3 - 50-70	1,328
8	M5.2 - RAP + BL	1,249
9	M5.1 - RAP + BL	1,086
10	M0.5 - 50-70	0,939
11	M1.2 - 50-70 + RAP	0,906
12	M4 - 50-70 + RAP + C	0,599
13	M1.1 - 50-70 + RAP	0,373

permanentes en el dominio tiempo–esfuerzo. A pesar de tratarse de aproximaciones experimentales distintas, ambas representaciones conducen a una jerarquía de comportamiento muy similar entre las muestras.

En esta representación vuelve a observarse que las formulaciones obtenidas mediante sustitución por betunes blandos presentan una regeneración menos eficaz, mientras que la muestra M4(C) continúa mostrando el efecto de la oxidación inducida por el RTFOT, manteniéndose próxima a los niveles de referencia de los betunes M1.

Por su parte, las muestras rejuvenecidas se sitúan dentro del rango de comportamiento de las muestras objetivo M0, confirmando la capacidad de los rejuvenecedores para recuperar parcialmente la respuesta reológica del ligante. Dentro de este grupo, la muestra M2(A) presenta una deformación ligeramente superior a M3(B), manteniendo así el mismo patrón jerárquico relativo del ángulo de fase observado en los gráficos de temperatura de cruce, isotermas e isócronas.

En conjunto, la concordancia entre ambos enfoques experimentales refuerza la interpretación de que la temperatura de cruce constituye un indicador estructural robusto del comportamiento reológico, cuya evolución se refleja de forma consistente como indicador funcional en la respuesta de deformación plástica observada en el ensayo MSCR.

6. CONCLUSIONES

Se ha conseguido el objetivo principal de este trabajo, desarrollar una metodología reológica capaz de diferenciar el comportamiento de ligantes rejuvenecidos frente a la simple incorporación de betunes blandos, así como establecer criterios que permitan seleccionar el rejuvenecedor más adecuado a partir de parámetros reológicos avanzados.

Los resultados obtenidos muestran que la sustitución del ligante por betunes blandos no reproduce adecuadamente el comportamiento reológico de los betunes objetivo, evidenciando una capacidad limitada para regenerar de forma equilibrada la respuesta viscoelástica del material. Del mismo modo, el rejuvenecedor M4(C) queda descartado debido a su falta de estabilidad frente al envejecimiento por oxidación a corto plazo evaluado mediante RTFOT, situándose tras el envejecimiento en

niveles comparables a los betunes de referencia envejecidos.

La comparación final se establece entre los rejuvenecedores M2(A) y M3(B) en condiciones funcionales equivalentes. Los resultados indican que M3(B) presenta una mayor capacidad de reducción del módulo complejo, alcanzando incluso valores inferiores a los característicos de los betunes objetivo M0(B50–70). Sin embargo, esta mayor reducción del módulo se acompaña de una recuperación menos favorable del ángulo de fase, lo que sugiere que una eventual reducción de su dosificación para ajustar el módulo complejo podría acentuar todavía más esta desviación viscoelástica.

Por el contrario, el rejuvenecedor M2(A) mantiene el módulo complejo dentro del rango objetivo mientras conserva una relación más equilibrada con el ángulo de fase, mostrando un comportamiento reológico global más coherente con el esperado para los betunes de referencia. Bajo las condiciones evaluadas en este estudio, este equilibrio entre módulo complejo y ángulo de fase posiciona a M2(A) como el candidato más adecuado entre los analizados.

De forma adicional, los distintos métodos reológicos empleados revelan la presencia de comportamientos anómalos en las regiones dominadas por tiempos de relajación largos donde actúan los asfaltenos, especialmente en condiciones de temperaturas elevadas y bajas frecuencias. Es importante señalar que estas observaciones corresponden exclusivamente al análisis reológico del ligante, y que en el comportamiento real de las mezclas asfálticas intervienen múltiples factores asociados a la fabricación, la compactación y las condiciones de servicio. Por tanto, estas observaciones no deben interpretarse como una descalificación del uso de rejuvenecedores, sino como una evidencia de que su efecto sobre la estructura viscoelástica del ligante puede ser complejo y dependiente de su formulación.

A partir de los resultados obtenidos se plantea una hipótesis estructural del sistema reológico, según la cual las anomalías observadas no constituyen fenómenos aislados, sino la manifestación indirecta de una reorganización incompleta del espectro de relajación del ligante tras la adición del rejuvenecedor. En este escenario, los modos de relajación asociados a las estructuras más lentas y rígidas del material se debilitan, mientras que los mecanismos intermedios pierden parte de su coherencia temporal. Como consecuencia, la transmisión continua de la respuesta entre comportamientos dominados por elasticidad y viscosidad se vuelve menos eficiente, lo que se traduce en respuestas anómalas bajo solicitaciones prolongadas o de baja frecuencia. Esto sugiere que se necesitan más pruebas que analicen la vida útil del material, aunque los ensayos a fatiga que analizan este fenómeno, como la norma AASHTO T391 [19], se descartaron del proyecto por no obtener datos correctos.

Aunque se exploraron adicionalmente otros procedimientos —incluyendo referencias normativas estadounidenses y ensayos no normalizados— el análisis mostró que estos dos ensayos, utilizados de forma coordinada, proporcionan una visión suficientemente completa del comportamiento viscoelástico y de la respuesta frente a deformación permanente.

Desde el punto de vista metodológico, los resultados también ponen de manifiesto que la evaluación de la regeneración del ligante no debe basarse únicamente en la reducción del módulo complejo, ya que esta variable por sí sola puede inducir interpretaciones incompletas del comportamiento reológico. En este sentido, el ángulo de fase se revela como un parámetro especialmente sensible para identificar la coherencia estructural del material tras la regeneración. Entre las herramientas analíticas empleadas, el gráfico de temperaturas de cruce ha demostrado ser el indicador más representativo del equilibrio viscoelástico del sistema, especialmente cuando se interpreta juntamente con isotermas e isócronas, que permiten identificar posibles anomalías asociadas a determinados dominios de relajación. De forma complementaria, el ensayo de fluencia–recuperación (MSCR) aporta una validación funcional adicional al correlacionar el comportamiento estructural con la respuesta frente a deformación permanente. En contraste, representaciones clásicas como el plano Cole–Cole o el diagrama de Black presentan una utilidad más limitada en este contexto, ya que la dispersión de las nubes de puntos dificulta establecer patrones jerárquicos claros o realizar regresiones interpretativas robustas. Así como también los ensayos a fatiga presentan dificultad de obtener datos precisos.

Finalmente, cabe destacar que el principal aporte de

este trabajo no reside únicamente en la comparación entre los rejuvenecedores analizados, sino en la propuesta de una metodología reológica integrada basada en el uso combinado de barridos de temperatura y frecuencia y ensayos de fluencia–recuperación, que no ha sido descrita de forma sistemática en la literatura técnica. Este enfoque permite analizar de forma sistemática la coherencia estructural del ligante y constituye una herramienta potencialmente aplicable a cualquier proporción de betún envejecido, betún virgen o rejuvenecedor, proporcionando un marco metodológico general para la selección racional de rejuvenecedores en sistemas bituminosos reciclados.

7. BIBLIOGRAFÍA

Publicaciones técnicas y científicas

1. Mezger, T. G. (2018). Reología aplicada. Anton Paar GmbH, Austria.
2. Gutiérrez Muñiz, Á. (2022). Cómo reducir la rigidez y fragilidad del asfalto debida a la oxidación del mismo. Revista ASEFMA, nº 44, Vol. XII, Primer trimestre.
3. Mateos Moreno, Á., & Soares, J. B. (2015). El módulo dinámico de la mezcla bituminosa: importancia, evaluación y estimación. Revista ASEFMA, nº 16, Vol. V, Primer trimestre.
4. Villegas-Villegas, R. E., Baldi-Sevilla, A., Aguiar Moya, J. P., & Loría-Salazar, L. G. (2019). Estudio físico-químico de la oxidación del betún asfáltico y su relación con la fatiga a temperaturas intermedias de servicio. Revista Carreteras, nº 225 (julio–agosto), número especial.
5. Gutiérrez Muñiz, Á., & Benítez López, R. (2020). Nuevo método de prueba para determinar el potencial de fractura del ligante asfáltico. Revista Carreteras, número especial.
6. Delgado Alamilla, H., & Flores Flores, M. (2015). Caracterización de propiedades de desempeño de ligantes asfálticos modificados con aditivos promotores de adherencia. Instituto Mexicano del Transporte.
7. Delgado Alamilla, H., & Flores Flores, M. (2015). Caracterización mecánica de una mezcla tibia con aditivos químicos. Instituto Mexicano del Transporte.
8. Pérez Jiménez, F. E., & Bardesi Orué-Echevarría, A. (2006). Manual para la caracterización de ligantes y másticos bituminosos. Red Ibero – Latinoamericana de Investigación en Carreteras, España.

Publicaciones técnicas y científicas

9. UNE-EN 1426. Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la penetración con aguja.
10. UNE-EN 1427. Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento. Método del anillo y bola.
11. UNE-EN 12595. Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad cinemática.
12. UNE-EN 14770. Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase mediante reómetro de corte dinámico (DSR).
13. UNE-EN 16659. Betunes y ligantes bituminosos. Ensayo de fluencia–recuperación bajo esfuerzos repetidos (MSCR).
14. ASTM D4124. Standard test method for separation of asphalt into four fractions.
15. Strategic Highway Research Program (SHRP). Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlays. SHRP-A-407, National Research Council, Washington, D.C., 1994.
16. AASHTO T350. Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR).
17. AASHTO M332. Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test.
18. UNE-EN 12607-1. Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia al endurecimiento por efecto del calor y del aire. Parte 1: Método RTFOT (película fina y rotatoria).
19. AASHTO T391. Estimating fatigue resistance of asphalt binders using the linear amplitude sweep.



World of Asphalt
SHOW & CONFERENCE

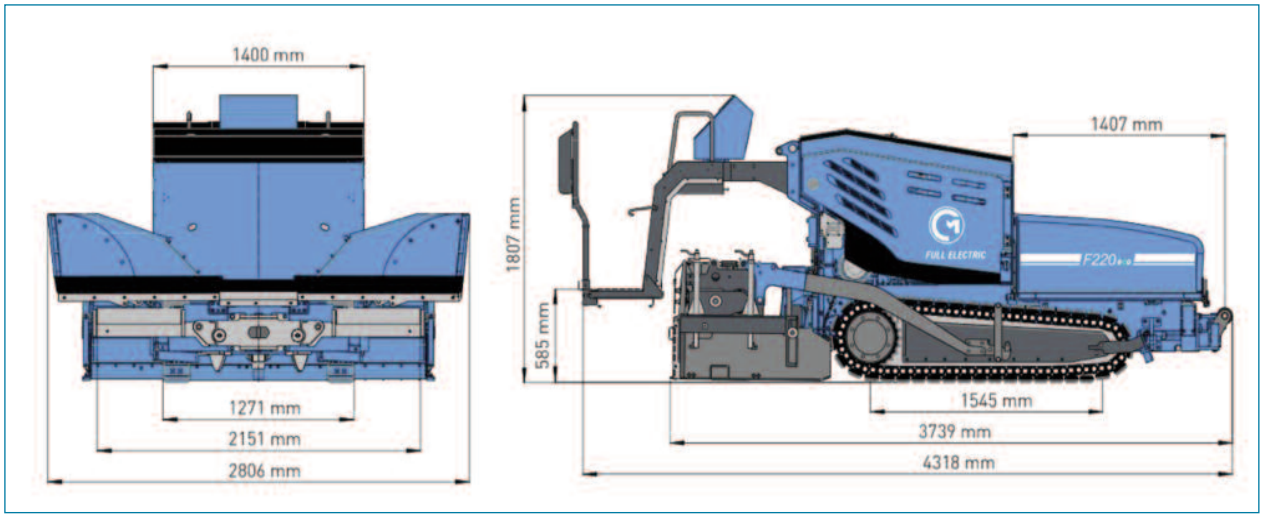
FERIA Y CONFERENCIA LÍDER DEL ASFALTO

- Conozca las últimas novedades en equipos
- Descubra las mejores prácticas y técnicas
- Mejore la eficiencia de su obra y haga crecer su negocio

15 al 17 de Marzo, 2027 | New Orleans, LA

Para más información visite worldofasphalt.com

Pavimentadora de asfalto totalmente eléctrica



MÁS DE 10 HORAS DE AUTONOMÍA A PLENA CARGA

CM ha creado la primera extendedora de asfalto totalmente eléctrica del mundo: el modelo F220eco. Diseñada para maximizar la eficiencia energética de todas sus funciones, garantiza la máxima calidad y autonomía durante el trabajo, eliminando el consumo de combustible. Los sistemas hidráulicos de las máquinas tradicionales han sido sustituidos por completo por motores eléctricos, lo que permite obtener un rendimiento excepcional en cuanto a potencia y control en todas las funciones críticas. Gracias a su funcionamiento extraordinariamente silencioso, resulta ideal para su uso en zonas urbanas sensibles al ruido —como centros históricos, escuelas y áreas hospitalarias—, así como para trabajos nocturnos.

CM Srl, conocido fabricante italiano, diseña y fabrica extendedoras de asfalto innovadoras, de calidad y fiabilidad contrastada, combinando una experiencia en I+D reconocida unánimemente a nivel mundial en el sector con la adopción de tecnologías de vanguardia. La empresa construye máquinas sólidas y eficientes que satisfacen las necesidades de los operarios sobre el terreno.

Entre todas las ventajas que aporta esta novedad en el mercado de la maquinaria para carreteras, destacan:

- Máxima seguridad para el operador, gracias a motorreductores eléctricos con freno electromagnético integrado en ambas orugas.
- Superación sencilla de cualquier obstáculo: el par excepcional de los motores está garantizado en todo momento, independientemente de la velocidad de rotación.
- Control de velocidad preciso, de 0 a 3 km/h, que



permite realizar movimientos suaves y sin sacudidas.

• Gestión perfecta de la dirección mediante la optimización por software y el control total de los motores eléctricos, lo que aporta grandes ventajas.

Panel de control tecnológico e intuitivo, manejo sencillo y fácil mantenimiento.

Máxima comodidad para el operador, gracias a la ausencia de ruido y vibraciones.

Los costes de carga de la batería son mucho más económicos en comparación con los costes del combustible.

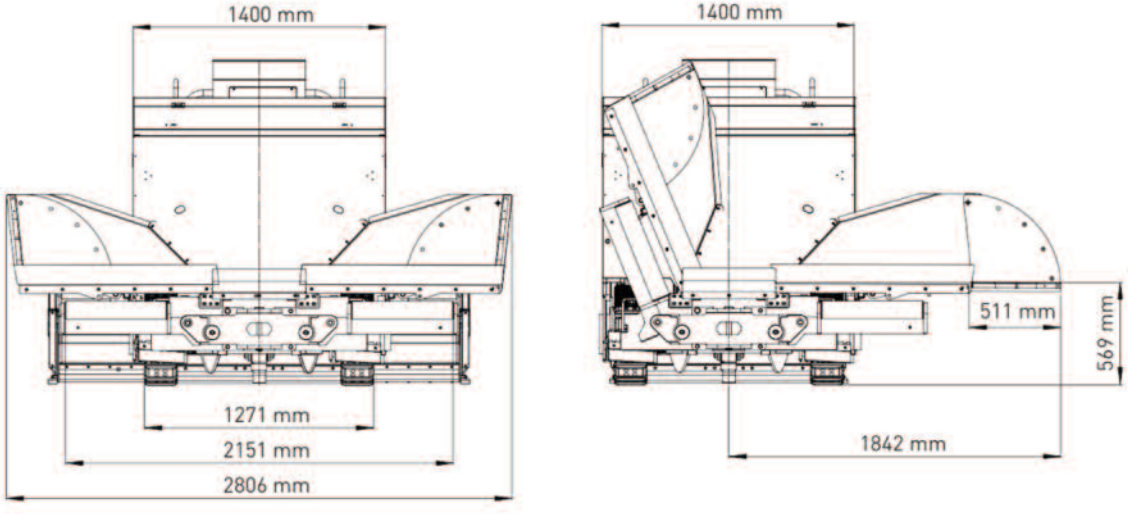
Control preciso de la velocidad de la cinta transportadora y de los sinfines.

Regla con calefacción eléctrica y compactación por vibración.

Gran flexibilidad operativa: ancho de pavimentación de 50 cm a 300 cm mediante la incorporación de extensiones y placas de reducción.







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 1 de septiembre hasta el 27 de octubre de 2026.

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE- prEN 58 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Toma de muestras de ligantes bituminosos
- **PNE- prEN 1428 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del contenido de agua en las emulsiones bituminosas. Método de destilación azeotrópica
- **PNE- prEN 1427 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento. Método del anillo y bola
- **PNE- prEN 1429 (Última publicación año 2013). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR**

  y ligantes bituminosos. Determinación del residuo por tamizado de las emulsiones bituminosas y determinación de la estabilidad al almacenamiento por tamizado
- **PNE- prEN 13075-1 (Última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento a la rotura. Parte 1: Determinación del índice de rotura de las emulsiones bituminosas catiónicas, método de la carga mineral
- **PNE- prEN 13075-2 (Última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento a la rotura. Parte 2: Determinación del tiempo de mezclado con finos de las emulsiones bituminosas catiónicas
- **PNE- prEN 13587 (Última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de los ligantes bituminosos por el método del ensayo de tracción.
- **PNE- EN 14770 (Última publicación año 2024). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase. Reómetro de corte dinámico (DSR, Dynamic Shear Rheometer).
- **PNE- EN 16659 (Última publicación año 2016). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Ensayo de fluencia-recuperación bajo múltiples esfuerzos repetidos (ensayo MSCR).
- **PNE- EN 17643 (Última publicación año 2023). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la temperatura del módulo de corte equidistante utilizando un reómetro de corte dinámico (DSR). Ensayo BTSV.
- **PNE- prEN 18389 (Norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Marco de especificación complementaria relacionadas con las prestaciones

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-EN ISO 11819-1: (última publicación año 2002). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Acústica. Medición de la influencia de las superficies de carretera sobre el ruido del tráfico. Parte 1: Método estadístico del paso de vehículos
- **PNE-EN 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-EN 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 12697-10 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 10: Compactibilidad
- **PNE-prEN 12697-12 (última publicación año 2019). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **PNE-prEN 12697-13 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 13: Medición de la temperatura
- **PNE-EN 12697-14 (última publicación año 2022). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 14: Contenido de agua
- **PNE-EN 12697-16 (última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 16: Abrasión por neumáticos claveteados
- **PNE-prEN 12697-17 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 17: Pérdida de partículas de probetas de mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-prEN 12697-18 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 18: Ensayo de escurrimiento de ligante
- **PNE-EN 12697-22 (última publicación año 2020). ESTADO: TRAMITACIÓN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista
- **PNE-prEN 12697-23 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 23: Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas
- **PNE-EN 12697-27 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 27: Toma de muestras
- **PNE-EN 12697-35 (última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR**

  bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 35: Mezclado en laboratorio
- **PNE-EN 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 12697-47 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 47: Determinación del contenido de cenizas de los asfaltos naturales
- **PNE-EN 12697-48 (última publicación año 2021). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 48: Adherencia entre capas.
- **PNE-FprCEN/TS 12697-51 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 51: Ensayo de resistencia superficial cortante

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-FprCEN/TS 12697-52 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 52: Acondicionamiento para determinar el envejecimiento oxidativo
- **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-FprCEN/TS 12697-57 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 57: Ensayo de trabajabilidad del asfalto mástico.
- **PNE-EN ISO 13473-5 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Caracterización de la textura de los pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 5: Determinación de la megatextura.
- **PNE-prEN 13036-4 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 4: Método para la medición de la resistencia al deslizamiento/derrape. Ensayo del péndulo.
- **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 13036-8 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación de los índices de regularidad superficial transversal
- **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 13108-31 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- **PNE-EN ISO 13473-5 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR**

Caracterización de la textura de los pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 5: Determinación de la megatextura

- **PNE-EN 13880-11 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR**

Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 11: Método de ensayo para la preparación de bloques de mezcla bituminosa.

- **PNE-FprCEN/TS 18301 (Nueva norma). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Materiales de carreteras. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto complementarias a la Norma EN 15804 para mezclas bituminosas.
- **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 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-prEN 17555-1 (Noma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Áridos para obras de construcción. Parte 1: Características

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

En el periodo definido no se ha publicado ninguna norma nueva.

Mirando al pasado

Documento publicado en marzo - abril de 1971.

Boletín Proas
PRODUCTOS ASFALTICOS, S. A. - PROAS - AV. DE AMERICA, 33 - TEL. 415 05 50 - MADRID-2
VOLUMEN III.–Pág. 97



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

LAS ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS

Nos referimos en este comentario a las especificaciones de los productos asfálticos porque son las que a nosotros nos interesan directamente, pero en realidad, cuanto vamos a decir podría aplicarse seguramente a la mayor parte de los materiales que se venden y utilizan en el país.

Limitándonos estrictamente a nuestro campo, es un hecho bien conocido que existe una gran diversidad de especificaciones en cuanto a las propiedades que los productos deben reunir.

Si bien el Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo creó en su día las Normas UNE, que se supone deben contener las especificaciones de todos los materiales, evitando la multiplicidad que casi inevitablemente se presentaría si cada organismo redactara sus normas para los materiales que hubiera de consumir, lo que de hecho sucede actualmente es que cada organismo tiene su norma y **además** *existe la correspondiente Norma UNE.*

¿No sería posible de alguna forma que todos nos pusiéramos de acuerdo y se evitara este estado de cosas que sólo puede conducir a inconvenientes, a confusiones y, en ocasiones, a la pérdida de respeto a toda norma?

A veces, la multiplicidad de especificaciones puede tener una justificación más o menos racional: tal es el caso, por ejemplo, de un organismo que haya de emplear un material determinado en un empleo específico que exija un control mucho más estricto del normal en las propiedades del producto en cuestión. Claro está que en tal caso, también estará justificado el que el producto que se especifique y en último término se adquiera tenga un precio superior al normal, puesto que su suministro exigirá un proceso y cuidado mucho más costoso que el normal. La verdad, sin embargo, según nuestra impresión, es que esta multiplicidad de normas se debe fundamentalmente al deseo de cada uno de los organismos afectados de publicar **su** *norma que constituye un claro testimonio del elevado nivel técnico de su personal y lo complejo de su organización.*

Desde el punto de vista comercial, esta situación acarrea a veces problemas de cierta trascendencia, por lo que parece conveniente ir pensando en algún sistema que permita lograr una verdadera y eficaz regularización de nuestro sistema de normas.

NUEVA PUBLICACION DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

El Instituto del Asfalto acaba de lanzar una nueva publicación que inicia además una nueva serie dentro de los diversos tipos de publicaciones que el Instituto realiza. Se denomina "Asphalt Technology and Construction-Instructor's Guide", es decir, "Tecnología del Asfalto-Guía del Instructor", y está encaminada fundamentalmente a servir como instrumento de trabajo a quienes han de instruir en la tecnología del asfalto a nuevos técnicos.

Para prepararla se creó un Consejo Asesor compuesto por algunos de los ingenieros de carreteras, investigadores y educadores más distinguidos de los Estados Unidos: Robert F. Baker, consultor en investigación del transporte; F. J. Benson, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Texas; W. H. Goetz, ingeniero de investigación y profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Purdue; Carl L. Monismith, profesor de ingeniería de la Universidad de Cali-

www.probisa.com



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

PROBISA

Noticias del sector

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

ASEFMA anuncia la apertura del plazo de presentación de candidaturas al Premio ISL 2026 a la Innovación en Seguridad Laboral

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) convoca la tercera edición del Premio a la Innovación en Seguridad Laboral (ISL), una iniciativa destinada a reconocer prácticas que aporten nuevas soluciones para prevenir riesgos y mejorar la protección y el bienestar de los profesionales del sector de la pavimentación asfáltica.

Podrán optar al Premio ISL 2026 las iniciativas implantadas durante los dos últimos años que hayan mejorado de manera efectiva la seguridad laboral en actividades relacionadas con el diseño, la fabricación, el transporte, el extendido o la aplicación de mezclas asfálticas. La convocatoria admite tanto soluciones creadas específicamente para el sector como prácticas procedentes de otras industrias que hayan sido adaptadas a sus condiciones de trabajo.

Para participar, las candidaturas deberán enviarse a asefma@asefma.com.es en formato de presentación (PowerPoint o PDF) y podrán acompañarse de material audiovisual. El plazo de recepción finalizará el 6 de noviembre de 2026. A partir de entonces, el Comité Técnico de ASEFMA evaluará las propuestas atendiendo a su originalidad, innovación y efectividad, así como a su capacidad para ser aplicadas en otros centros de trabajo. También valorará la memoria del proyecto, la claridad de la presentación y el material gráfico aportado.

Las candidaturas seleccionadas pasarán a la fase final y serán presentadas por sus autores el 25 de noviembre, durante la XXI Jornada Nacional de ASEFMA. Tras las exposiciones se anunciará la iniciativa ganadora y se entregará el Premio ISL 2026. El encuentro se celebrará en Meeting Place, en la calle Orense 34 de Madrid, y podrá seguirse también en formato digital y virtual.

La convocatoria se integra en una jornada que, bajo el lema «Panorámica actual. Visión 2030«, analizará cómo evolucionarán el sector y sus entornos de trabajo durante los próximos años. La transformación de la maquinaria y las plantas, la automatización y la incorporación de nuevos profesionales plantean también nuevos desafíos preventivos. Frente a ellos, el Premio ISL permite identificar soluciones ya implantadas, compartir sus resultados y facilitar su aplicación en otras organizaciones de la pavimentación asfáltica.

ASEFMA abre la convocatoria del XIII Premio MPA a las Mejores Prácticas Ambientales del 2026

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) convoca la decimotercera edición del Premio Mejores Prácticas Ambientales (MPA), una iniciativa destinada a reconocer proyectos de investigación y actuaciones implantadas que contribuyan a mejorar la sostenibilidad de la pavimentación asfáltica.

Pueden concurrir en el XIII Premio MPA proyectos de investigación y prácticas implantadas durante los últimos dos años vinculadas al diseño, fabricación, extendido, aplicación y transporte de mezclas asfálticas. Las propuestas deben enviarse a asefma@asefma.com.es en formato de presentación (PowerPoint o pdf) o/y de vídeo (avi, flv, mpg, mov o wmv) antes del 6 de noviembre de 2026.

El jurado, formado por los miembros del Comité Técnico de ASEFMA, seleccionará las mejores prácticas en materia de innovación y sostenibilidad medioambiental en el área de pavimentación asfáltica, desarrolladas en el período comprendido desde junio de 2024 y

junio de 2026. Dicho jurado valorará las propuestas atendiendo a los criterios de originalidad, innovación, repercusión en el sector y mejoras ambientales evaluadas. También valorará la propia presentación de la práctica, el material gráfico aportado y la memoria de proyecto.

Las seis candidaturas mejor valoradas serán presentadas por sus autores el 24 de noviembre durante la XXI Jornada Nacional de ASEFMA que tendrá lugar en Meeting Place, en la calle Orense 34 de Madrid, y podrá seguirse también en formato digital y virtual. La presentación de las propuestas formará parte del bloque dedicado al medioambiente, centrado en la medición de los avances en descarbonización y economía circular. Bajo el lema «Panorámica actual. Visión 2030«, el programa ampliará esta mirada al conjunto de los cambios que afronta la pavimentación asfáltica, desde la evolución del mercado y la conservación de las carreteras hasta los nuevos materiales, la eficiencia energética, la transformación digital, la seguridad laboral y la disponibilidad de profesionales.

La VII Jornada Nacional de ATEB reúne a 120 participantes para debatir sobre el futuro de las técnicas con emulsión bituminosa

La Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) celebró con éxito su VII Jornada Nacional el pasado 15 de octubre de 2026, en el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA) del CEDEX, en Madrid. Bajo el lema "Retos y oportunidades de las técnicas con emulsión ante la transición sostenible", el encuentro reunió a alrededor de 120 asistentes, entre representantes de las administraciones públicas, empresas, centros tecnológicos y profesionales del sector de la carretera.

La jornada ofreció un completo programa de ponencias técnicas, una conferencia magistral y mesas redondas que permitieron analizar algunos de los principales desafíos que afrontan las técnicas con emulsión bituminosa, tanto desde el punto de vista normativo como desde su aplicación práctica en la construcción, conservación y rehabilitación de firmes.

El acto inaugural contó con la participación de Laura Parra, directora del CET-CEDEX, y Álvaro Navareño, director técnico de la Dirección General de Carreteras, junto con Lucía Miranda, presidenta de ATEB. La Asociación desea expresar su especial agradecimiento a los representantes institucionales por su participación en la apertura de la jornada y por su apoyo a este encuentro, así como al CEDEX por su colaboración y acogida.

El programa comenzó con una revisión de la evolución del empleo de las emulsiones bituminosas en España y en el ámbito internacional, que permitió contextualizar su situación actual y las oportunidades que ofrecen estas tecnologías en un escenario en el que la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de los recursos adquieren cada vez mayor protagonismo.

A continuación, Alberto Bardesi, miembro de honor de ATEB, impartió una videoconferencia magistral dedicada al papel de las técnicas con emulsión en la actualización de la Norma 6.1-IC de Secciones de Firme. Se abordó así una cuestión de especial interés para el sector: el reconocimiento de estas soluciones en los criterios de diseño y dimensionamiento de firmes y las posibilidades que ofrece la revisión normativa para favorecer su aplicación.

La primera sesión estuvo dedicada a los cambios normativos derivados del nuevo Reglamento Europeo de Productos de la Construcción. Se analizaron la evolución de la normativa europea de emulsiones bituminosas y la necesidad de revisar las especificaciones nacionales y los correspondientes anejos normativos, con especial atención a sus implicaciones para fabricantes, administraciones y organismos de normalización. La sesión concluyó con una mesa redonda que permitió contrastar distintos puntos de vista sobre los desafíos que plantea esta adaptación normativa.

La segunda sesión, y uno de los bloques de mayor interés de la jornada, fue el dedicado al programa EFAPAVES, en el que se presentó un balance de los trabajos realizados, los resultados obtenidos y sus perspectivas de futuro. Las intervenciones de representantes de la Administración y de las empresas participantes permitieron conocer experiencias concretas de obra, las particularidades de ejecución de las distintas soluciones y la importancia del seguimiento y la evaluación de su

comportamiento. La posterior mesa redonda facilitó un interesante intercambio de experiencias y opiniones sobre las posibilidades de aplicación de estas técnicas y las condiciones necesarias para impulsar su utilización.

La tercera sesión se centró en la conservación, la rehabilitación y las buenas prácticas. Se trataron aspectos relacionados con el control de calidad de la reutilización in situ en frío con emulsión, una cuestión esencial para garantizar la adecuada ejecución y el comportamiento de estas actuaciones. También se presentó el trabajo de elaboración de unas especificaciones para mezclas en frío destinadas al bacheo, con el objetivo de avanzar hacia criterios técnicos compartidos que faciliten su utilización.

Todas las sesiones suscitaron un notable interés entre los asistentes y dieron lugar a debates enriquecedores, tanto durante las mesas redondas como en los turnos de preguntas y comentarios posteriores a las intervenciones. Este intercambio entre profesionales de distintos ámbitos constituyó uno de los aspectos más positivos de la jornada, al permitir confrontar las necesidades de las administraciones con la experiencia de fabricantes, aplicadores y especialistas.

Como es habitual, la jornada incluyó la entrega de los Premios ATEB, con los que la Asociación reconoce la divulgación y promoción de las técnicas con emulsión bituminosa.

El premio al mejor post del blog de ATEB del periodo 2024-2026 fue concedido a Patricia Sánchez, de Tecnofirmes, por un original y entretenido artículo en el que recurría a una curiosa comparación musical: el firme de una carretera se convertía en una banda de rock y las emulsiones bituminosas asumían el papel de uno de sus integrantes más relevantes. Una forma creativa y cercana de explicar la importancia de estas tecnologías dentro del conjunto del firme.

Por su parte, el premio del concurso de fotografía recayó en Nuria Uguet, de Eurovia, por una imagen dedicada a la ejecución de un microaglomerado en frío, que refleja visualmente una de las aplicaciones más representativas de las emulsiones bituminosas en la conservación de carreteras.

Uno de los momentos más especiales de la jornada llegó con el nombramiento de Marimar Colás, anterior presidenta de ATEB, como miembro de honor de la Asociación, en reconocimiento a su trayectoria, dedicación y contribución al desarrollo y la promoción de las técnicas con emulsión bituminosa. El nombramiento se realizó en un emotivo acto protagonizado por Lucía Miranda, actual presidenta de ATEB, en el que se puso de manifiesto el cariño y reconocimiento de la Asociación hacia Marimar.

La VII Jornada Nacional de ATEB pudo celebrarse gracias al apoyo de sus patrocinadores, cuya colaboración resultó fundamental para el desarrollo del encuentro. La Asociación desea transmitir su más sincero agradecimiento a Asfaltia, Conelsan, Eiffage Construcción, Padecasa, Tecnofirmes, Pavasal, Arnó, Sorigué, Probisa y Ecoasfalt, así como a las entidades que contribuyeron a facilitar el seguimiento de la jornada en línea: Química de los Pavimentos y Kao Chemicals Europe.

Igualmente, ATEB agradece a todos los asistentes su participación, el interés mostrado por las diferentes sesiones y sus aportaciones a los debates.

Con esta séptima edición, ATEB reafirma su compromiso con la divulgación del conocimiento técnico, el intercambio de experiencias y la promoción de las técnicas con emulsión bituminosa, convencida de su capacidad para contribuir a una construcción y conservación de carreteras cada vez más eficiente y sostenible.

Juan José Potti impulsa en Expo AMAAC el lanzamiento de PavingTalent México

El presidente ejecutivo de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), Juan José Potti, ha presentado Young PavingTalent México en Expo AMAAC 2026, el encuentro organizado por la Asociación Mexicana del Asfalto (AMAAC) que se celebró del 30 de septiembre al 2 de octubre en CINTERMEX, en Monterrey.

La presentación supone un hito en la evolución internacional de Young PavingTalent (YPT), la iniciativa impulsada por ASEFMA para conectar a estudiantes y jóvenes profesionales con las oportunidades laborales, formativas y tecnológicas de la pavimentación asfálti-

ca. Su implantación en México permitirá trasladar este modelo a uno de los principales sectores viarios de Iberoamérica y adaptarlo a las necesidades de sus empresas, instituciones educativas y futuros profesionales.

Durante su intervención, Potti explicó el origen de YPT a partir de una necesidad compartida por buena parte del sector: garantizar el relevo generacional y la transmisión del conocimiento técnico en un contexto marcado por la digitalización, la sostenibilidad y la incorporación de nuevas tecnologías a la construcción y conservación de carreteras.

Esta necesidad quedó reflejada en el estudio realizado por ASEFMA sobre el empleo en la industria española de las mezclas asfálticas. Los datos recopilados identificaron una plantilla directa de 11.364 trabajadores, de los cuales solamente el 13,5 % tiene menos de 35 años, mientras que el 66,3 % supera los 45 años. El análisis mostró además que las mujeres representan el 11,5 % del empleo directo.

Potti planteó la conveniencia de elaborar estadísticas equivalentes en México para conocer la estructura de su fuerza laboral, anticipar las necesidades de contratación y diseñar acciones ajustadas a la realidad del país. Disponer de información sobre edades, categorías profesionales, presencia femenina, formación y evolución del empleo permitirá establecer objetivos y evaluar los resultados de las iniciativas de captación de talento.

A partir de este diagnóstico, Young PavingTalent México nace como una comunidad dirigida a personas de entre 16 y 35 años que trabajen en el ámbito del asfalto y la pavimentación o estén interesadas en iniciar su trayectoria profesional en él. Su actividad se orientará a acercar el sector a los centros educativos, facilitar el contacto con empresas y profesionales y favorecer la adquisición de competencias relacionadas con las nuevas necesidades de la industria.

El modelo presentado contempla programas de mentoría, formación especializada, encuentros profesionales, acceso a oportunidades laborales y acciones de divulgación en universidades y centros de formación. También incorpora iniciativas relacionadas con la digitalización y la sostenibilidad, dos ámbitos que están generando nuevos perfiles y posibilidades de desarrollo profesional en la pavimentación.

La creación de este nuevo capítulo refuerza la vocación de YPT de convertirse en una red internacional de jóvenes profesionales del asfalto. Desde su puesta en marcha en España en 2025, la iniciativa ha constituido un consejo directivo integrado por profesionales menores de 35 años, ha desarrollado su plataforma digital y sus canales de comunicación y ha promovido acciones de formación y captación de talento dentro y fuera de España.

La presentación de Young PavingTalent México en Expo AMAAC abre una nueva vía de colaboración entre ASEFMA y AMAAC para afrontar un desafío común a la industria: incorporar una generación preparada para trabajar en un sector cada vez más tecnológico, especializado y comprometido con la sostenibilidad.

Expo AMAAC reunió durante tres jornadas a administraciones, empresas, especialistas y proveedores vinculados con las infraestructuras y la maquinaria. Su programa combina conferencias sobre inversión, sostenibilidad y resiliencia con contenidos técnicos dedicados a la pavimentación, el reciclado, el control de calidad, la comunicación entre máquinas y la optimización de los procesos constructivos.

La participación de Juan José Potti ha contribuido a reforzar el intercambio de conocimiento entre España y México y sitúa la captación y el desarrollo del talento joven como una condición necesaria para garantizar la capacidad técnica y la competitividad futura del sector de la pavimentación.

Transportes nombra a Guillermo Llopis Serrano nuevo director general de Carreteras

El Boletín Oficial del Estado (BOE) ha publicado, el pasado 30 de septiembre, el nombramiento de Guillermo Llopis Serrano como nuevo director general de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. El nombramiento, acordado ayer por el Consejo de Ministros, se formaliza mediante el Real Decreto 793/2026, de 29 de septiembre.

Llopis sustituye al frente de la Dirección General de Carreteras a Juan Pedro Fernández Palomino y asume

la responsabilidad sobre un órgano encargado de la planificación, el proyecto, la construcción, la conservación, la explotación y la modernización de la Red de Carreteras del Estado.

El nuevo director general es ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Valencia, máster en Sistemas de la Ingeniería Civil por la Universidad Politécnica de Madrid y miembro del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del Estado.

Su trayectoria profesional ha estado vinculada desde sus inicios al ámbito viario. Entre 2003 y 2008 trabajó en el sector privado en la redacción de proyectos y la asistencia técnica a direcciones de obra. En 2009 se incorporó a la Administración General del Estado, en el actual Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, donde ejerció como jefe de Servicio de Túneles y Seguridad Vial en la Subdirección General de Conservación de la Dirección General de Carreteras.

Entre 2015 y 2017 ocupó el puesto de consejero técnico de Asuntos con la Unión Europea en la Dirección General de Transporte Terrestre. Posteriormente se incorporó a la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, donde desempeñó la jefatura del Servicio de Conservación y Explotación hasta abril de 2023.

Desde entonces ejercía como jefe de la Demarcación, con responsabilidad sobre la planificación, el proyecto, la construcción, la conservación y la explotación de la Red de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana. Desde este puesto también ha dirigido la gestión de las actuaciones de emergencia desarrolladas en las carreteras estatales y en infraestructuras viarias municipales como consecuencia de la Dana del 29 de octubre de 2024.

El nombramiento sitúa al frente de la Dirección General de Carreteras a un profesional con experiencia directa en la conservación y explotación de la red, la seguridad vial, la gestión territorial de las infraestructuras y la respuesta ante emergencias.

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) felicita a Guillermo Llopis Serrano por su nombramiento y le desea éxito en esta nueva responsabilidad, clave para afrontar los retos relacionados con la conservación de las carreteras, la modernización de las infraestructuras, la sostenibilidad y la transformación tecnológica del sector viario.

Está previsto que el nuevo director general participe el próximo 24 de noviembre en la inauguración de la XXI Jornada Nacional de ASEFMA, que se celebrará en Madrid bajo el lema «Panorámica actual. Visión 2030» y analizará la situación presente de la pavimentación asfáltica y su evolución durante los próximos años.

La ATC analizará los impulsos necesarios para avanzar en la descarbonización de la movilidad por carretera

La Asociación Técnica de Carreteras (ATC) celebró el pasado 6 de octubre en Madrid la jornada técnica «Impulsos para avanzar en la descarbonización de la movilidad por carretera», un encuentro centrado en las tecnologías, infraestructuras, políticas públicas y experiencias necesarias para reducir las emisiones del transporte viario y que cuenta con el apoyo de ASEFMA en la difusión de la iniciativa. La jornada tuvo lugar en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, situado en la calle Almagro, 42, y estuvo dedicada a analizar las tecnologías, infraestructuras y políticas públicas necesarias para reducir las emisiones del transporte viario.

Representantes del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, organismos públicos, asociaciones sectoriales, empresas y operadores de transporte participaron en la jornada. La inauguración corrió a cargo de Sara Hernández, secretaria general de Transporte Terrestre; Ricardo Martín de Bustamante, presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; Antonio Muruais, subdirector general de Conservación y Gestión de Activos de la Dirección General de Carreteras y director técnico del encuentro, y Álvaro Navareño, presidente de la ATC.

Tras la apertura, el programa recorrió la descarbonización de la movilidad desde tres perspectivas complementarias. La primera sesión analizó el avance de la electrificación del vehículo ligero en España, el marco nacional para el despliegue de energías alternativas, las

actuaciones previstas en la red de carreteras y las barreras que todavía condicionan su desarrollo.

El segundo bloque trasladó el análisis al transporte pesado, con una revisión de la situación internacional, las políticas públicas de impulso y las alternativas disponibles a corto y medio plazo. Finalmente, la tercera sesión permitió conocer experiencias reales de electrificación de flotas en la conservación y explotación de carreteras, el transporte público y el transporte de mercancías y viajeros.

Con este planteamiento, la jornada conectó el desarrollo normativo y tecnológico con su aplicación efectiva en diferentes ámbitos del transporte por carretera. La adaptación de las infraestructuras, la evolución de los vehículos y la coordinación entre administraciones, operadores y empresas constituyen aspectos estrechamente relacionados dentro del proceso de descarbonización de la movilidad.

El encuentro fue promovido por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y organizado por la Asociación Técnica de Carreteras, con la colaboración de AEDIVE y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. La condición de ASEFMA como socio institucional de la ATC favorece el intercambio de conocimiento entre ambas asociaciones y permite acercar al sector de las mezclas asfálticas los debates técnicos que afectan al presente y al futuro de las carreteras.

Juan José Potti es reelegido presidente ejecutivo de ASEFMA para el periodo 2026-30

La Asamblea General Extraordinaria de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), reunió ayer 23 de septiembre en Madrid, ha reelegido a Juan José Potti como presidente ejecutivo de la entidad para el periodo 2026-2030.

La candidatura encabezada por Potti, la única presentada durante el proceso electoral, representa a empresas de diferente dimensión y procedencia, con presencia en ocho comunidades autónomas y una capacidad industrial conjunta de 69 plantas asfálticas. La nueva Junta Directiva mantiene buena parte del equipo que ha dirigido la asociación durante los últimos años e incorpora los cambios derivados del relevo natural y de nuevas representaciones empresariales.

«No estamos empezando de nuevo; estamos construyendo sobre lo que ya hemos conseguido juntos», afirmó Juan José Potti durante la presentación de la candidatura. El presidente ejecutivo resumió el planteamiento del nuevo mandato en tres ideas: Continuidad en el equipo, transformación en los objetivos y ambición para el futuro.

La estructura directiva estará integrada por Ignacio Rus, de Eiffage Construcción, como vicepresidente primero; José Manuel Lorente, de Probisa-Eurovia, como vicepresidente segundo; José Antonio Contreras, de CHM Infraestructuras, como tesorero; Miguel Miñana, de Becsa, como secretario, y Francisco Díez, de Padecasa, como interventor. Junto a ellos formarán parte de la Junta once vocales en representación de distintas empresas y territorios vinculados a la fabricación de mezclas asfálticas.

Potti agradeció la disposición y el compromiso de los integrantes de la nueva Junta y reconoció también la dedicación de quienes han concluido recientemente sus responsabilidades en ASEFMA, con una mención especial a Manuel Montolio y Vicente Meseguer. «Una asociación no se construye solamente con proyectos o resultados. Se construye, sobre todo, con personas que dedican tiempo, conocimiento y compromiso al proyecto común», señaló.

El programa presentado para el nuevo mandato no establece un catálogo cerrado de actuaciones, sino seis compromisos estratégicos con los que ASEFMA quiere responder a la transformación que vive la industria de la pavimentación asfáltica.

El primero será recuperar la conservación de las carreteras españolas. ASEFMA estima un déficit acumulado superior a 225 millones de toneladas de pavimentación desde 2012 y plantea avanzar desde la denuncia de esta carencia hacia la participación activa en su solución. Para ello, defenderá ante las administraciones el establecimiento de un horizonte temporal concreto y creíble que permita recuperar progresivamente el déficit de conservación del patrimonio viario.

La segunda línea consistirá en convertir la sostenibilidad en valor económico. La asociación continuará

trabajando para cuantificar el ahorro de energía, la reducción de emisiones y el menor consumo de combustible que puede generar la mejora del estado de los pavimentos, con el objetivo de incorporar estos beneficios a la planificación, la contratación pública y los mecanismos de ahorro energético.

La transformación digital del sector del asfalto será el tercer compromiso. ASEFMA impulsará la incorporación de sensorización, datos, inteligencia artificial, automatización y maquinaria conectada a los procesos de diseño, fabricación, extendido y control de las mezclas asfálticas. La asociación prestará especial atención a que esta evolución llegue al conjunto del sector y no quede limitada a las compañías de mayor tamaño.

En materia de circularidad, innovación y conocimiento técnico, la nueva Junta Directiva reforzará el trabajo desarrollado a través de ALEAS, las monografías, las jornadas técnicas, los ensayos interlaboratorios y la colaboración con universidades y centros tecnológicos. Entre sus objetivos figuran aumentar las tasas de reutilización del asfalto recuperado, reducir el consumo de recursos y avanzar hacia criterios técnicos basados cada vez más en las prestaciones de los materiales.

El talento ocupará asimismo una posición central durante el mandato. ASEFMA intensificará su relación con la Formación Profesional, las universidades y otros centros educativos; promoverá una mayor visibilidad y reconocimiento de los oficios de la pavimentación; y buscará atraer a más jóvenes y mujeres mediante iniciativas como Young PavingTalent. «No debemos preguntarnos solamente cómo será la carretera de 2030. Tenemos que preguntarnos quién la va a construir», subrayó Potti.

El sexto compromiso será consolidar una ASEFMA más influyente, abierta e internacional, capaz de representar a sus empresas ante las administraciones y de reforzar sus vínculos con universidades, centros tecnológicos, asociaciones y organismos nacionales e internacionales. La entidad ampliará especialmente su dimensión europea ante desafíos que ya no pueden abordarse únicamente desde una perspectiva nacional, como la regulación ambiental, la digitalización, la disponibilidad de materias primas o la contratación pública.

La Junta Directiva elegida para el periodo 2026-2030 asume así el objetivo de consolidar una asociación técnicamente reconocida, económicamente sólida y capaz de defender los intereses comunes de sus asociados, al tiempo que impulsa un sector con mejores carreteras, más sostenible, digital, innovador y atractivo para las nuevas generaciones.

Juan José Potti recibe el reconocimiento «Embajadores Granada Convention Bureau 2026» por su contribución a la proyección congresual de la ciudad

El presidente ejecutivo de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), Juan José Potti, ha recibido el reconocimiento «Embajadores Granada Convention Bureau 2026», una distinción dirigida a profesionales que contribuyen a la captación y celebración de congresos y a la consolidación de Granada como destino de encuentros científicos, académicos y profesionales.

La entrega tuvo lugar el 19 de octubre en el Carmen de los Mártires, durante un acto organizado por Granada Convention Bureau y coorganizado por el Patronato de la Alhambra y el Generalife. Potti recibió el reconocimiento de manos de la alcaldesa de Granada y presidenta de la Asociación Granada Turismo, Marifrán Carazo, en presencia de la consejera de Cultura, Patrimonio Histórico y Deporte de la Junta de Andalucía, Patricia del Pozo.

La primera edición de estos reconocimientos distinguió a 68 profesionales vinculados con los equipos y las instituciones que han contribuido a impulsar Granada y su provincia como destinos de congresos y eventos. La gala reunió a cerca de doscientas personas entre autoridades, galardonados y representantes de las instituciones, empresas y organizaciones relacionadas con la actividad congresual.

En el caso de Juan José Potti, la distinción reconoce especialmente su labor como secretario ejecutivo y máximo impulsor del XXII Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto (CILA), celebrado en abril de 2024 en el Palacio de Congresos de Granada. El encuentro

convirtió durante una semana a la ciudad en un punto de referencia internacional para administraciones, empresas, universidades, asociaciones y especialistas en pavimentación asfáltica.

El XXII CILA reunió a 1.200 asistentes procedentes de 32 países y contó con 418 comunicaciones técnicas y siete conferencias magistrales, además de treinta estands comerciales, un pabellón institucional y cuatro charlas histórico-culturales abiertas al público. Su alcance digital superó el millón de usuarios y amplió la proyección internacional de Granada dentro del sector de las infraestructuras viarias.

Juan José Potti agradeció la distinción a Granada Convention Bureau y a su directora, Eva Garde, y expresó el orgullo que supone recibir este reconocimiento por el trabajo desarrollado en la organización del congreso. Su celebración fue posible gracias a la colaboración entre las instituciones granadinas, la organización internacional del CILA y las entidades del sector de la pavimentación asfáltica.

Durante la gala, Marifrán Carazo destacó el trabajo de las personas que hacen posible cada congreso y agradeció a los reconocidos su contribución a posicionar Granada como referente internacional del conocimiento. El acto vinculó además el impulso del turismo de congresos con el respaldo simbólico a la candidatura de Granada como Capital Europea de la Cultura 2031.

El Granada Convention Bureau es el instrumento específico y profesional de promoción de Granada como destino MICE —reuniones, incentivos, congresos y eventos—. Su principal finalidad es ofrecer asesoramiento y apoyo imparcial a los organizadores de este tipo de encuentros. Se trata de una iniciativa de colaboración público-privada impulsada por la Asociación Granada Turismo e integrada por el Ayuntamiento de Granada, la Diputación Provincial, la Confederación Granadina de Empresarios y la Cámara de Comercio. Cuenta, además, con un centenar de empresas asociadas.

Para ASEFMA, este reconocimiento pone de relieve la capacidad de los congresos técnicos para generar conocimiento, reforzar la cooperación internacional y contribuir a la proyección de las ciudades que los acogen.

#94 AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

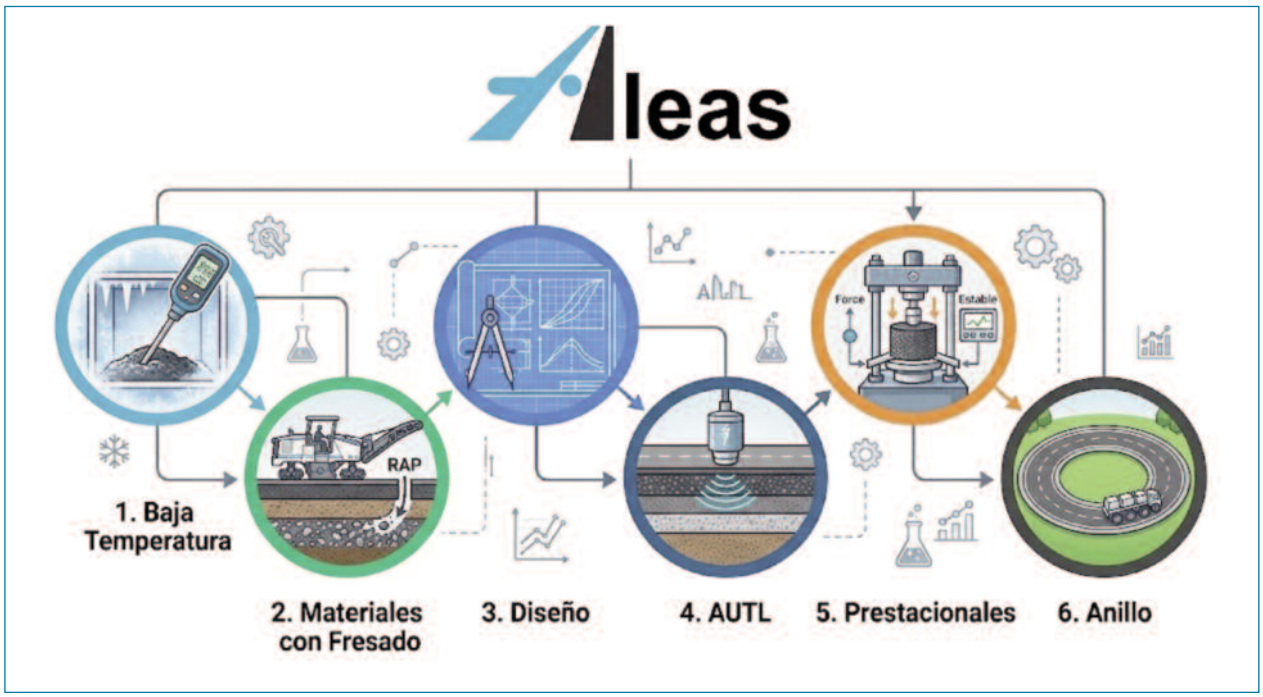
"Las carreteras con pavimentos bien mantenidos con mezclas bituminosas ofrecen una superficie de rodadura cómoda, silenciosa, segura y con bajo consumo de combustible" (Editorial)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

Programación de los trabajos de Aleas para 2027

Con el objetivo de alinear y programar de forma coordinada las actividades de la agrupación, se ha celebrado la **REUNIÓN PERIÓDICA DE COORDINADORES DE LOS GRUPOS DE TRABAJO DE ALEAS**. Durante la sesión, los distintos responsables expusieron las líneas de investigación técnica que se encuentran actualmente en desarrollo y definieron la hoja de ruta para las propuestas de trabajo a futuro. Se prevé que a lo largo de los próximos meses comiencen a obtenerse los primeros resultados consolidados derivados de estas acciones conjuntas.

Durante la reunión, cada grupo expuso los trabajos realizados hasta la fecha y las posibles líneas de continuidad para el próximo año. Asimismo, se debatieron diferentes alternativas y se definieron los objetivos previstos para cada caso.



A continuación, se detallan los temas tratados por cada grupo:

GT. Ensayos a baja temperatura.

- **Coordinadora**: Marisol Barral
- **Estado y Proyección**: Se ha acordado avanzar en los ensayos de mezclas con aditivos, mezclas con espuma y la incorporación de fresado (RA) en porcentajes medios para evaluar su comportamiento combinado frente a ambas tecnologías. Como primera fase de caracterización, la evaluación se centrará en medir parámetros de densidad dosificando la carga de trabajo en cada laboratorio, contemplando ampliar progresivamente el abanico de ensayos en posteriores fases.

GT. Ensayos de materiales con material fresado.

- **Coordinadora:** Mar Subarroca
- **Estado y Proyección:** Se da continuidad a las investigaciones previas enfocando el esfuerzo en verificar el grado de integración real entre el ligante virgen y el betún procedente del RA. Para validar las metodologías propuestas y respaldar los avances del grupo, se revisarán los procedimientos empleados hasta la fecha y estudiarán alternativas.

GT. Grupo de diseño de mezclas.

• **Coordinadora:** Rebeca Sastre

• **Estado y Proyección:** La redacción del documento sobre el diseño de mezclas BBTM se encuentra en un estado borrador muy avanzado. La prioridad para las próximas semanas es finalizar el texto definitivo y someterlo al análisis y revisión por parte del Consejo Gestor de Aleas antes de su publicación interna.

GT. Mezclas AUTL

• **Coordinadores:** Javier Loma y Jesús Felipo

• **Estado y Proyección:** Tras la puesta en común de los trabajos en el sector, se acuerda mantener pausada la actividad específica de este grupo a la espera de los desarrollos que actualmente ejecuta Asefma en la materia. Una vez concluidos dichos estudios, la agrupación reevaluará las necesidades operativas y la continuidad de las líneas de trabajo para este tipo de mezclas.

GT. Ensayos Prestacionales.

• **Coordinador:** Javier Loma

• **Estado y Proyección:** Se pondrá en marcha de forma inmediata un estudio comparativo y de correlación enfocado en los ensayos Fénix e IDEAL-CT. De manera simultánea, el grupo elaborará una guía de referencia para estandarizar los criterios de preparación de las probetas de mezcla bituminosa, dada la alta repercusión que este proceso experimental tiene en los resultados finales.

GT. Grupo de Anillo interlaboratorio

• **Coordinador:** Pablo Álvarez

• **Estado y Proyección:** Se halla en la fase final de captura de datos relativos al segundo anillo de ensayo. A continuación, se procederá al procesamiento y análisis analítico de la información para establecer las conclusiones técnicas pertinentes y planificar la siguiente campaña de ensayos.

CONCLUSIÓN Y PRÓXIMOS PASOS

Esta reunión de trabajo ha permitido fortalecer la cohesión entre los distintos grupos, asegurando un marco de trabajo alineado con las prioridades de la agrupación. Aunque la fecha de la siguiente sesión se determinará según la evolución de los trabajos, las distintas mesas de investigación seguirán avanzando para presentar sus primeros informes y resultados en los próximos meses.



Calendario de eventos

AÑO 2026

9-11 de noviembre PIARC	**Simposio sobre las Características Superficiales de los firmes**	**Tokyo** www.piarc.org
18-20 de noviembre PIARC	**Seminario internacional "invertir en mejores carreteras: financiación, contratación y gobernanza para una infraestructura vial sostenible"**	**Windhoek-Namibia** www.piarc.org
24-25 de noviembre ASEFMA	**XXI Jornada Nacional de ASEFMA**	**Madrid (España)** www.asefma.es

AÑO 2027

10-14 de enero TRB	**2027 TRB Annual Meeting**	**Washington (USA)** www.trb.org
18-21 de enero AEMA	**ISSA 2027 Slurry Systems Workshop**	**Las Vegas (USA)** www.aema.org
8-11 de febrero NAPA	**2027 Annual Meeting NAPA**	**Florida (USA)** www.asphaltpavement.org
16-18 de febrero ATC-PIARC	**IX Simposio de túneles de carreteras**	**Madrid (España)** www.atc-piarc.com
1-5 de marzo ARRA	**AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting**	**EEUU** www.arra.org
4-8 de octubre PIARC	**XXVIII Congreso Mundial de la Carretera**	**Vancouver (Canadá)** www.piarc.org

AÑO 2028

10-14 de enero TRB	**2028 TRB Annual Meeting**	**Washington (USA)** www.trb.org
10-13 de octubre TRB	**ISAET 2028ISAET 2028**	**Chicago (USA)** www.trb.org

AÑO 2029

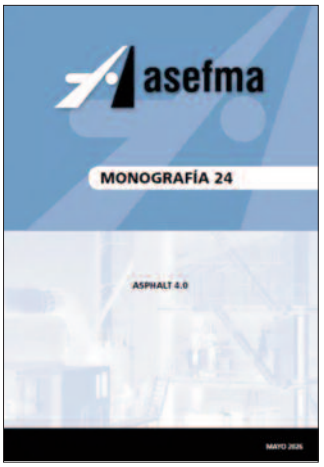
7-11 de enero TRB	**2029 TRB Annual Meeting**	**Washington (USA)** www.trb.org


YACIMIENTO
NOVIEMBRE 2026
El NUEVO YACIMIENTO de MATERIAS PRIMAS para la fabricación de las mezclas asfálticas es la carretera. RECICLARLA AL 100% es el objetivo
ADVANTAGE 15: Up to 100% reclaimed asphalt is re-used in high quality asphalt #AsphaltAdvantages
Reduciendo emisiones, reforzando el firme
NOVIEMBRE2026
EVENTOS
11-12 de noviembre
#XXIJornadaAsefma
Colaboran:
Asefma EAPA eurobitume ZAS
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
23/30 24 25 26 27 28 29


ZENIT
DICIEMBRE 2026
La NAVIDAD es el zenit de las celebraciones. El ZENIT de los PAVIMENTOS asfálticos es que tú LLEGUES SIEMPRE
ADVANTAGE 31: Asphalt roads are safe roads #AsphaltAdvantages
Reduciendo emisiones, reforzando el firme
DICIEMBRE2026
Colaboran:
Asefma EAPA eurobitume ZAS
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

Lecturas recomendadas

La transformación digital está modificando de forma profunda la manera de producir, ejecutar, controlar y conservar los pavimentos. La incorporación de sensores, sistemas de posicionamiento, plataformas de gestión, modelos predictivos, inteligencia artificial o gemelos digitales abre nuevas posibilidades para conocer mejor los procesos, mejorar su eficiencia y tomar decisiones apoyadas en una información cada vez más completa.



Recycled Asphalt Materials: Binder Availability and Its Impact on Mix Performance
Fan Yin et al.

NCHRP Web-Only Document 450. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Transportation Research Board. 2026. 99 páginas.
DOI: 10.17226/29391

El incremento de la utilización de asfalto recuperado (*RA o RAP, Reclaimed Asphalt Pavement*) en la fabricación de nuevas mezclas bituminosas plantea cuestiones que adquieren mayor importancia a medida que aumenta la tasa de reutilización. Una de ellas es conocer qué parte del ligante envejecido contenido en el material recuperado llega realmente a activarse y a participar en la nueva mezcla.

Esta es la cuestión central de *Recycled Asphalt Materials: Binder Availability and Its Impact on Mix* Performance, publicado en 2026 por el National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). El documento recoge los resultados del proyecto NCHRP 09-68, desarrollado conjuntamente por investigadores del National Center for Asphalt Technology (NCAT) de Auburn University y del Texas A&M Transportation Institute.

El estudio utiliza el concepto de **Recycled Binder Availability (RBA)** para expresar la proporción del ligante presente en los materiales asfálticos recuperados que se activa durante la fabricación y contribuye efectivamente al contenido de ligante de la nueva mezcla. Esta distinción resulta relevante porque considerar que todo el ligante contenido en el RA está disponible equivale a asumir una disponibilidad del 100 %, mientras que parte de ese ligante puede permanecer asociado a partículas o aglomerados de material recuperado y participar solo parcialmente en la mezcla.

El trabajo parte de una revisión de los métodos existentes para estudiar la disponibilidad y el grado de combinación del ligante reciclado y de una encuesta realizada a distintas administraciones de carreteras. En enero de 2023, nueve de las administraciones consultadas ya utilizaban valores de disponibilidad inferiores al 100 % en el diseño de determinadas mezclas con RAP o RAS (Reclaimed Asphalt Shingles), con valores adoptados generalmente comprendidos entre el 60 y el 90 %. Sin

embargo, una parte importante de las administraciones continuaba suponiendo la disponibilidad completa del ligante reciclado.

Uno de los principales objetivos de la investigación fue disponer de un procedimiento que permitiera cuantificar experimentalmente esta disponibilidad. Tras analizar diferentes alternativas, los investigadores desarrollaron y perfeccionaron el denominado **Glass Beads method**, basado en la incorporación de pequeñas esferas de vidrio de borosilicato como trazadores del árido virgen. Tras la fabricación de la mezcla, las esferas se recuperan y se extrae el ligante que las recubre. Las propiedades de este ligante se comparan con las del ligante virgen y con las correspondientes a una mezcla completa del ligante virgen y reciclado, permitiendo estimar el grado de participación efectiva del ligante procedente del material recuperado.

La aplicación del procedimiento a diferentes combinaciones de materiales proporcionó valores de RBA comprendidos entre el **48 y el 100 %**, lo que refleja una variabilidad considerable. Los resultados indican además que la disponibilidad no depende únicamente del contenido o del envejecimiento del RA, sino también de diferentes características de los materiales y del proceso de fabricación. En general, para las mezclas estudiadas, la disponibilidad disminuyó al aumentar la proporción de material recuperado y al emplear materiales con un ligante más envejecido.

El estudio analiza también la sensibilidad del RBA a distintas variables de diseño y producción. Entre ellas se encuentran el tipo y procedencia del ligante de aportación, la naturaleza del árido virgen, la utilización de agentes rejuvenecedores, la temperatura de fabricación y el almacenamiento en silo. Por ejemplo, un aumento de 16,7 °C de la temperatura de mezclado produjo incrementos apreciables de la disponibilidad del ligante reciclado en las dos mezclas seleccionadas para este análisis. La incorporación de un rejuvenecedor de origen biológico también incrementó los valores obtenidos. No obstante, algunos factores, como el almacenamiento en silo o la reducción de temperatura mediante tecnologías de mezcla semicaliente, produjeron resultados diferentes dependiendo de la composición estudiada.

Estos resultados llevan a los autores a considerar la disponibilidad del ligante reciclado no únicamente como una propiedad del propio RA, sino como una característica de la **mezcla y de las condiciones en las que ésta se diseña y fabrica**. El tipo y contenido de material recuperado, su envejecimiento, el ligante de aportación y las condiciones de producción intervienen en el grado de activación y movilización alcanzado.

Una segunda parte del trabajo estudia qué consecuencias tendría incorporar este concepto al diseño de las mezclas. Para ello se evaluaron cuatro mezclas con elevados contenidos de materiales recuperados. Cuando se consideró que una parte del ligante reciclado no estaba disponible, fue necesario incrementar la cantidad de ligante virgen para compensarla. Esta modificación redujo la rigidez de las mezclas y, en términos generales, **mejoró su resistencia a la fisuración**, aunque simultáneamente produjo una reducción de la resistencia a las deformaciones permanentes. En tres de las cuatro mezclas estudiadas, el ajuste permitió alcanzar un mejor equilibrio entre ambas prestaciones de acuerdo con los criterios utilizados en el estudio.

Los autores analizaron asimismo las implicaciones económicas de este planteamiento. El incremento de ligante virgen asociado al ajuste por disponibilidad produjo aumentos del coste de materiales de aproximadamente el **9 al 15 %** en las mezclas estudiadas. Aun así, estas mezclas continuaron resultando menos costosas que sus correspondientes mezclas fabricadas exclusivamente con materiales vírgenes. El análisis de ciclo de vida realizado para un caso hipotético mostró que serían necesarios incrementos relativamente reducidos de la vida de servicio para com-

pensar ese mayor coste inicial, aunque los autores señalan que estos resultados proceden de un número limitado de mezclas y requieren una validación más amplia.

El informe no plantea, por tanto, un valor único de disponibilidad que pueda aplicarse con carácter general. Entre las líneas de trabajo que identifica se encuentran la mejora de la repetibilidad y reproducibilidad del método propuesto, la realización de estudios interlaboratorios, su adaptación a diferentes tipos de ligantes modificados y la validación de los valores de disponibilidad con materiales y condiciones de producción locales. También se incluyen propuestas para integrar este concepto en los procedimientos estadounidenses de diseño de mezclas y en las especificaciones AASHTO.

Interés para el sector español

La cuestión analizada presenta un interés evidente en un contexto de utilización creciente de asfalto recuperado y de desarrollo de mezclas con tasas de reutilización cada vez mayores. En España, la **Orden Circular OC 2/2023 sobre reutilización de capas de firmes y pavimentos bituminosos** establece el marco actual para estas técnicas. En las reutilizaciones en caliente y semicaliente en central, la selección del ligante de aportación debe realizarse teniendo en cuenta tanto la proporción de RA como la cantidad y las características del ligante contenido en éste, de forma que su combinación proporcione las propiedades requeridas para el ligante resultante. La Orden Circular establece asimismo requisitos sobre el contenido total de ligante y sobre las prestaciones de las mezclas reutilizadas.

El problema de la participación efectiva del ligante del RAP tampoco es ajeno a la literatura técnica española. En el número 36 de *Asfalto y Pavimentación*, publicado en 2020, Jacinto Luis García Santiago planteaba ya esta cuestión en el artículo ***¿Sabemos cuál es, realmente, el ligante que gobierna el comportamiento de una mezcla reciclada y en qué proporción lo hace?***, analizando, entre otros aspectos, la presencia de partículas de RAP insuficientemente disgregadas, el denominado black rock o "árido negro" y la posibilidad de que la combinación entre los ligantes envejecido y de aportación sea solo parcial.

Más recientemente, el CEDEX mantiene trabajos destinados a analizar el comportamiento y la durabilidad de mezclas con diferentes tasas de asfalto recuperado, como apoyo al desarrollo futuro de las especificaciones españolas sobre reutilización.

El **NCHRP Web-Only Document 450** aporta a este debate una investigación específica sobre la cuantificación de la disponibilidad del ligante reciclado y, especialmente, sobre su relación con las prestaciones de la mezcla. La amplitud de materiales y variables consideradas, el desarrollo de un procedimiento experimental específico y la evaluación conjunta de comportamiento y costes hacen de este documento una referencia de interés para quienes trabajan en el diseño, fabricación y caracterización de mezclas bituminosas con altas tasas de material recuperado.

Descarga gratuita: National Academies Press.
https://www.nationalacademies.org/publications/29391

XXI JORNADA NACIONAL DE ASEFMA

24/25 DE NOVIEMBRE 2026

Temas a tratar

- Mercado y estructura del sector
- Medioambiente
- Transformación digital
- Personas
- Maquinaria y plantas asfálticas
- Materiales

- Visión 2030
- Premio MPA 2026 a las Mejores Prácticas Ambientales
- Premio ISL 2026 a las prácticas de Seguridad Innovadora
- Premio Asfaltero 4.0 2026 y Premios a personas/entidades por su trayectoria profesional

Síguenos en X **#XXIJornadaAsefma**

Coordinador: **D. Pablo Álvarez**

Lugar de celebración | Meeting Place
Calle Orense, 34 - 28020 Madrid

Organiza:

asefma
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Patrocinan:

repsol moeve

Asphalt 4.0: de la digitalización a la inteligencia en la pavimentación

La quinta Conferencia Internacional Asphalt 4.0, celebrada en Madrid los días 22 y 23 de septiembre de 2026, confirma que la transformación digital de la industria de la pavimentación ha dejado de ser una promesa de futuro para convertirse en una realidad con aplicaciones concretas. La inteligencia artificial, la automatización, los datos conectados y la sostenibilidad protagonizaron una edición especialmente ambiciosa.

Cinco ediciones impulsando una transformación

Los días 22 y 23 de septiembre de 2026, Madrid acogió la quinta edición de la International Conference on Asphalt 4.0 (ICA 4.0), organizada por ASEFMA, junto con las asociaciones de Eslovenia (ZAS) y Alemania (DAV), y con el apoyo de la Asociación Europea de Pavimentos Asfálticos (EAPA).

Bajo el lema «*Asphalt 4.0: digital intelligence for more sustainable, durable and productive roads*», la conferencia reunió a especialistas internacionales, empresas tecnológicas, fabricantes de maquinaria, administraciones de carreteras e investigadores para analizar cómo las nuevas tecnologías están modificando profundamente nuestra actividad.

Cuando comenzamos a desarrollar el concepto Asphalt 4.0, nuestro propósito era trasladar a la industria de la pavimentación los principios de la cuarta revolución industrial. Queríamos demostrar que la fabricación y puesta en obra de mezclas asfálticas podían beneficiarse de la conectividad, la automatización, la digitalización y el tratamiento inteligente de la información.

Cinco ediciones después, podemos afirmar que aquella visión inicial se está materializando.

Pero también hemos aprendido algo importante: **Asphalt 4.0 no consiste simplemente en incorporar tecnologías digitales a los procesos tradicionales. Supone una nueva manera de concebir, ejecutar, controlar y gestionar las infraestructuras viarias.**

La edición de 2026 ha permitido comprobar hasta qué punto está evolucionando este concepto, con aplicaciones que hace apenas unos años parecían lejanas.

Maquinaria conectada, automatización y nuevos modelos de formación



Uno de los debates más estimulantes de la conferencia se planteó desde su inauguración: ¿está Europa preparada para una pavimentación conectada y sin conductor?

La progresiva aparición de maquinaria autónoma, equipos controlados remotamente y sistemas capaces de coordinar distintas operaciones abre posibilidades extraordinarias para mejorar la productividad, la precisión de ejecución y la seguridad laboral.

La cuestión ya no es únicamente si estas tecnologías son técnicamente posibles, sino cuándo alcanzarán una implantación significativa y cómo responderá la industria europea a este desafío.

Las intervenciones de Finanzauto y Benninghoven permitieron profundizar en otra dimensión fundamental: el uso de simuladores para la formación de operadores y la optimización de procesos industriales.

La visita técnica a las instalaciones de Finanzauto, en Arganda del Rey, ofreció una oportunidad para conocer de cerca las posibilidades de los equipos controlados remotamente y de las nuevas herramientas de formación.

Estas tecnologías pueden contribuir a mejorar la capacitación profesional, reducir riesgos y hacer más atractivo nuestro sector para las nuevas generaciones.

La automatización no debe entenderse como una sustitución del conocimiento humano, sino como una oportunidad para ampliar sus capacidades y mejorar las condiciones de trabajo.

Digitalización, inteligencia artificial y descarbonización

La sostenibilidad ocupó un lugar destacado en el programa, especialmente desde una perspectiva que considero esencial: la digitalización no es un objetivo en sí misma, sino una herramienta para obtener mejores resultados ambientales.

Las presentaciones de Emidat y Ecochain abordaron la evolución de las declaraciones ambientales de producto y las posibilidades de los pasaportes digitales, instrumentos que pueden facilitar una mayor trazabilidad y transparencia de la información ambiental.

Por su parte, Smart Site Solutions mostró las oportunidades que ofrecen la inteligencia artificial y los entornos digitales avanzados para mejorar la gestión de las obras.

La digitalización permite optimizar consumos energéticos, reducir desplazamientos innecesarios, mejorar la coordinación logística y minimizar errores durante los procesos de fabricación y ejecución.

En definitiva, la información comienza a convertirse en un recurso productivo de primer orden.

Este cambio resulta especialmente relevante para una industria que debe avanzar simultáneamente en tres direcciones: reducir su huella ambiental, incrementar su competitividad y mejorar las prestaciones de sus productos.

La durabilidad como resultado de una ejecución inteligente

Otro de los grandes ejes de la conferencia fue la relación entre digitalización y durabilidad de los pavimentos.

Las intervenciones de Eiffage Construcción, HAMM, la Universitat Politècnica de València, TPA, Xenomatix y Parma Ingeniería permitieron conocer distintas aplicaciones de tecnologías digitales relacionadas con la ejecución, la compactación, la caracterización superficial y la gestión de pavimentos.

Entre ellas destacaron los sistemas capaces de proporcionar información en tiempo real sobre los procesos de compactación, las tecnologías láser para analizar características superficiales y las aplicaciones de inteligencia artificial destinadas a apoyar las decisiones de conservación.

Estas herramientas representan un avance importante porque permiten pasar de controles puntuales a modelos de seguimiento más completos, continuos y objetivos.

La durabilidad no depende exclusivamente de las propiedades de los materiales. También está estrechamente relacionada con la calidad de la fabricación, el transporte, la extensión, la compactación y las posteriores estrategias de conservación.

Disponer de información fiable durante todas estas etapas permite reducir incertidumbres, anticipar problemas y adoptar mejores decisiones.

Una carretera más duradera es también una carretera más sostenible, porque necesita menos intervenciones, consume menos recursos a lo largo de su vida útil y ocasiona menos molestias a sus usuarios.

Del dato a la decisión: una nueva gestión de las carreteras

La segunda jornada puso de manifiesto otra transformación especialmente relevante: el extraordinario potencial de la información digital para gestionar las redes viarias.

Las experiencias presentadas por Asimob, la Asociación Española de la Carretera, EyeVi Technologies y los especialistas neerlandeses de Partners in Solutions mostraron diferentes aproximaciones a la inspección automatizada, la interoperabilidad de datos y el desarrollo de plataformas digitales.

Especialmente ilustrativa resultó la presentación sobre el análisis mediante inteligencia artificial de información procedente de 200.000 kilómetros de carreteras españolas.

El proyecto AECTech, presentado por la AEC, permitió introducir las posibilidades de los espacios de datos aplicados a las infraestructuras viarias.

Estas iniciativas evidencian que estamos avanzando hacia un escenario en el que las administraciones podrán disponer de información más amplia, actualizada y objetiva sobre el estado de sus redes.

Sin embargo, el verdadero desafío no consiste en acumular datos, sino en transformarlos en conocimiento útil para tomar decisiones.

Para ello serán necesarios sistemas interoperables, metodologías compartidas y una colaboración mucho más estrecha entre administraciones, empresas, centros tecnológicos y universidades.

La intervención de Rijkswaterstaat, la administración neerlandesa de carreteras, reforzó precisamente la importancia de construir alianzas para acelerar la innovación y la sostenibilidad.

Una nueva dimensión de la sostenibilidad: la influencia de los pavimentos en los vehículos

Entre las líneas de trabajo que considero más prometedoras se encuentra el análisis de la relación entre las características de los pavimentos y el consumo energético de los vehículos que circulan sobre ellos.

Tradicionalmente, la evaluación ambiental de las carreteras se ha concentrado en los materiales empleados, los procesos constructivos y las operaciones de mantenimiento.

Sin embargo, una parte muy importante de los impactos asociados a una infraestructura se produce durante su utilización.

La regularidad superficial, las características de rodadura y el estado de conservación pueden influir en el consumo energético de los vehículos y, por tanto, en sus emisiones.

Las nuevas herramientas digitales, junto con la información procedente de vehículos conectados, permiten avanzar hacia una cuantificación cada vez más precisa de estos efectos.

Este enfoque abre una perspectiva especialmente interesante: valorar las actuaciones de conservación no solamente por su coste o por la mejora de las prestaciones del pavimento, sino también por los beneficios energéticos y ambientales que pueden generar para el conjunto de la sociedad.

Se trata de ampliar nuestra visión de la sostenibilidad, incorporando de manera más decidida la fase de utilización de las infraestructuras.

Asphalt 4.0: una transformación que necesita colaboración

Si tuviera que destacar una conclusión de esta quinta edición, sería que la transformación digital de nuestro sector está entrando en una nueva etapa.

Hemos pasado de hablar de tecnologías emergentes a presentar aplicaciones concretas, experiencias industriales y herramientas capaces de aportar mejoras reales.

No obstante, su implantación generalizada todavía exige superar importantes barreras.

La inversión tecnológica, la capacitación profesional, la interoperabilidad de los sistemas y la adaptación de los procedimientos de contratación son algunos de los desafíos que deberán abordarse durante los próximos años.

También será necesario fomentar una cultura de innovación que permita compartir experiencias, aprender de los resultados y acelerar la transferencia tecnológica.

En este contexto, la cooperación internacional adquiere una importancia extraordinaria.

La participación de especialistas de distintos países y organizaciones ha vuelto a demostrar que los grandes retos de nuestra industria son compartidos y que ninguna empresa, administración o asociación puede resolverlos aisladamente.

Una mirada hacia 2030

La quinta International Conference on Asphalt 4.0 ha confirmado que nos encontramos ante un cambio profundo en la forma de entender la pavimentación.

Durante los próximos años veremos una integración creciente de inteligencia artificial, maquinaria conectada, sistemas automatizados de control, plataformas digitales y nuevas herramientas para evaluar la sostenibilidad de las infraestructuras.

Pero el verdadero éxito de Asphalt 4.0 no se medirá por el número de sensores instalados, los algoritmos desarrollados o las máquinas automatizadas.

Se medirá por nuestra capacidad para construir y conservar carreteras más seguras, duraderas, sostenibles y eficientes.

Y también por nuestra capacidad para atraer talento, mejorar las condiciones de trabajo y ofrecer a la sociedad infraestructuras cada vez mejores.

La tecnología está abriendo posibilidades extraordinarias. Ahora corresponde a nuestra industria convertirlas en resultados.

Porque el futuro de la pavimentación no será simplemente más digital. Deberá ser, sobre todo, más inteligente.

Mecánica Científica s.a.

Cámara Madrid
Servicio de Certificación
EMPRESA CERTIFICADA
ISO 9001
EC - 1.482.0703



Planta piloto de laboratorio para el diseño de emulsiones bituminosas y betunes modificados

MODELOS:

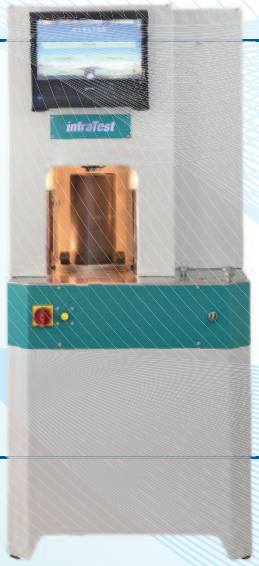
Ref. 90.7002	Emulsiones (2 depósitos)
Ref. 90.7102	Betunes modificados (2 depósitos)
Ref. 90.7202	Emulsiones + Betunes modificados (2 depósitos)
Ref. 90.7203	Emulsiones + Betunes modificados (3 depósitos)

Planta piloto desarrollada para el diseño y producción de emulsiones bituminosas y/o betunes modificados en laboratorio, cuenta con dos o tres depósitos (fase acuosa y betún) y un molino de alta calidad, gracias a los cuales el sistema permite al usuario tanto la fabricación de emulsiones bituminosas y/o de betún modificado.



Analizador especial para mezclas asfálticas modificadas con «goma»

Analizador asfáltico PG para la extracción y determinación del contenido de betún en mezclas bituminosas y en aquellas mezclas de betunes modificadas con goma, usando disolventes no inflamables como tricloroetileno, tetracloroetileno y diclorometano.

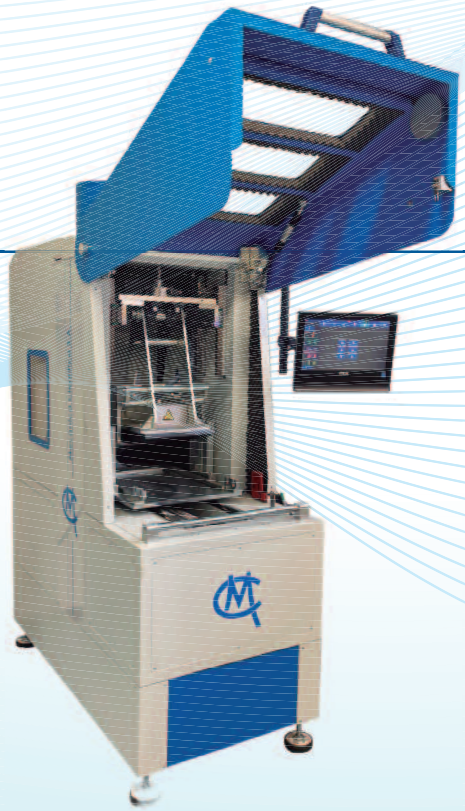


Compactador giratorio infraTest Gyrator iT *(EN 12697-31 / ASTM D6925)*

Compactador electromecánico totalmente automático para probetas de mezclas bituminosas de 100 y 150 mm.

Registra la evolución de la altura durante todo el proceso.

Ángulo de giro ajustable por software, presión de hasta 1.000 kPa y velocidad de hasta 30 rpm. PC integrado con pantalla táctil de 14 pulgadas.



Compactador de rodillo electromecánico *(EN 12697-33)*

Compactador de mezclas bituminosas de 40 kN de capacidad de compactación para la elaboración de probetas de dimensiones 410 X 300 mm. y espesor seleccionable en un rango entre 25 y 150 mm. Cuenta con dos servosistemas con control electrónico para una aplicación precisa de la carga axial. Posibilidad de control en carga o en altura.

El compactador está fabricado íntegramente en acero al carbono de alta resistencia lo que confiere gran rigidez al conjunto. Dispone de un puente central unido al bastidor a través de dos columnas cilíndricas, donde se encuentra acoplado el pisón de compactación y de una mesa deslizante donde se aloja la probeta que se desplaza longitudinalmente de lado a lado durante la compactación.

LÍDER EN CALIDAD Y SERVICIO POST VENTA

MÁS DE 50 AÑOS
DE EXPERIENCIA AL SERVICIO DE LA INNOVACIÓN

C/ Fundidores, 14 - Pol. Ind. «Los Ángeles»
28906 Getafe (Madrid - España)
(+34) 91 696 21 15 / 91 696 24 15
comercial@mecacisa.com
www.mecacisa.com



Horno de ignición TROXLER ICO para determinación del contenido de asfalto *(UNE-EN 12697-39 / ASTM)D6307)/)AASHTO T 308)*

Determinación automática del contenido de asfalto mediante combustión.

El sistema de pesaje integrado mide continuamente la pérdida de masa y calcula el porcentaje de ligante; el árido restante puede emplearse para análisis granulométrico.

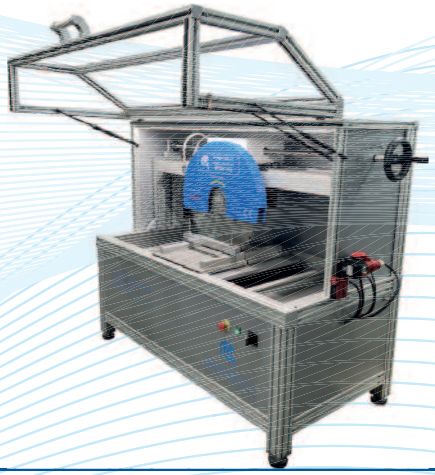
Muestras de hasta 5.000 g., incluidas mezclas con polvo de neumático y betunes modificados. Sin disolventes, filtros ni posquemador.

Máquina automática de ensayo en pista infraTest *(EN 12697-22* - ensayo en agua o aire)

Equipo automático de dos pistas para determinar la deformación permanente bajo acondicionamiento en agua o aire a temperatura controlada.

Probetas de hasta 300 X 400 mm. y temperaturas entre 30 y 70° C. Control táctil, adquisición automática y perfil individual de deformación.





Sierra cortadora universal de probetas Serie MC

Sierra universal totalmente cerrada para el corte preciso y seguro de probetas prismáticas, cilíndricas y placas de mezclas bituminosas, hormigón, roca y otros materiales.

Disponibles útiles especiales para la preparación de probetas trapezoidales, Fénix y SCB según UNE-EN 12697-24, NLT-383 y UNE-EN 12697-44.

Disponible en tres versiones para discos de 350, 500 y 650 mm., con profundidades de corte de hasta 200 mm. y longitudes de hasta 1.000 mm.

El avance mediante husillo y tuerca a bolas proporciona un desplazamiento suave y preciso. La cabina integral con enclavamiento de seguridad protege completamente al operador durante el corte.

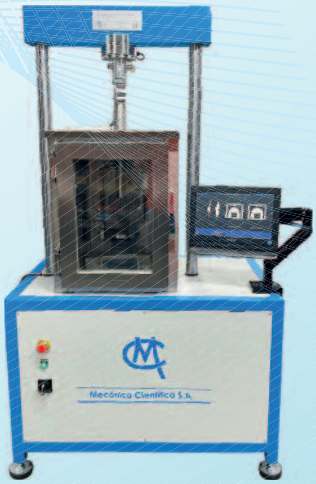


Prensas automáticas electromecánicas multiensayo de 25 a 600 kN de capacidad para ensayos estáticos a compresión y tracción

Máquina con puente superior desplazable a motor que proporciona luz suficiente para realizar ensayos a tracción y compresión tales como: Marshall, C.B.R., Tracción indirecta, compresión simple, etc., todo ello en función del rango de velocidad y de la capacidad del equipo (izquierda).

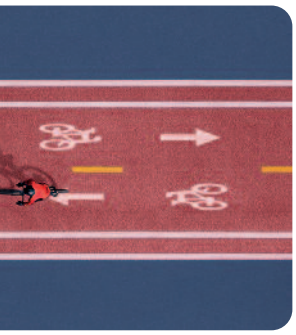
Máquina con puente inferior desplazable a motor y cámara climática incluida, ideal para realizar ensayos que requieran de control preciso de la temperatura como el ensayo FENIX (derecha).

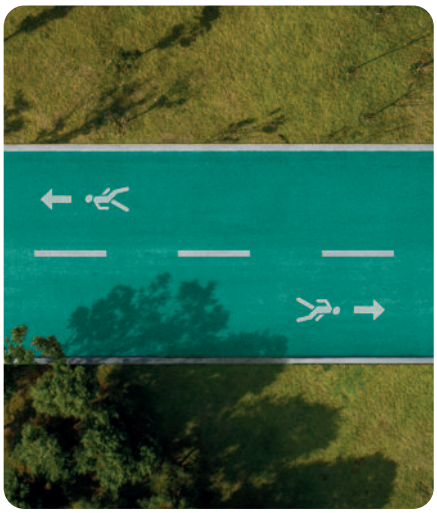
Todas las prensas disponen de un motor de última generación gobernado por un sistema electrónico que confiere al equipo un control suave y preciso por carga y desplazamiento.

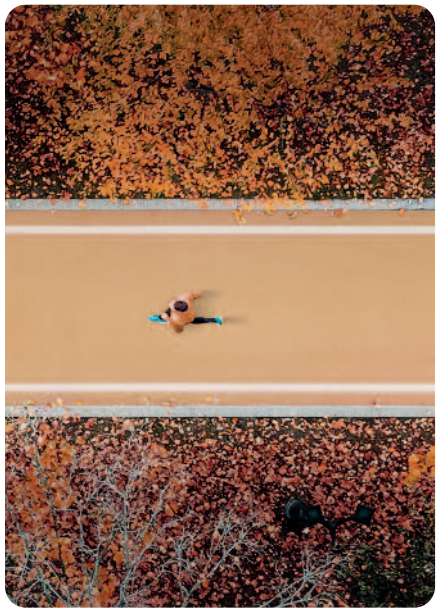


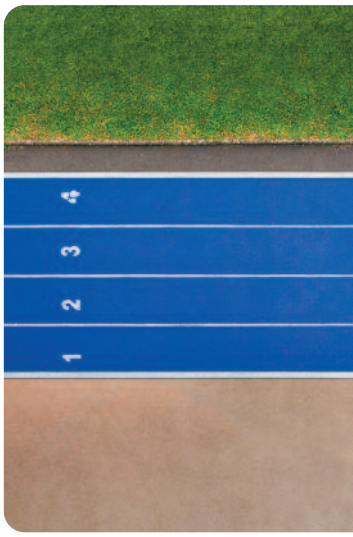
LÍDER EN DURABILIDAD DE LOS EQUIPOS

repsol
empresas









Creamos nuevos caminos para diseñar nuestro entorno

Descubre las ventajas de Color, nuestra gama de ligantes sintéticos de alto rendimiento.

Fácil pigmentación
Formulación especial desarrollada en Repsol Technology Lab.

Versatilidad
Integración paisajística en todo tipo de entornos, como parques y zonas protegidas.

Personalización
Posibilidad de obtener el color deseado.

Alta resistencia
Contra el deterioro y la oxidación.

¿Quieres saber más?
Escanea este QR