

ASFALTO

Y PAVIMENTACIÓN

Número 48 · Volumen XIII · Primer trimestre · 2023

número **48**



Soluciones Medioambientales

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



Your road to **Green** solution





Número 48 · Volumen XIII
Primer trimestre · 2023

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

María del Mar Colás,
Andrés Costa, Jesús Felipo,
Jacinto Luis García Santiago,
Lucía Miranda, José Luis Peña,
María del Carmen Rubio,
Ángel Sampedro, José Antonio Soto,
Javier Loma, Marisol Barral

Secretario

Andrés Pérez de Lema

Coordinador

Francisco Muriel

Secretaría

Lies Ober

Editorial Prensa Técnica, S. L.

Castiello de Jaca, 29 3º Puerta 2
28050 Madrid
Tel. 91 287 71 95
Fax 91 287 71 94
Directo 629 877 460
www.asfaltopavimentacion.com
asfalto@asfaltopavimentacion.com

Suscripción anual (4 números)

España: 10 €
Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189
Depósito Legal: M21967-2011

Prohibida la reproducción, total o parcial,
de los contenidos aparecidos en esta
publicación sin previa autorización
por escrito.

Las opiniones vertidas en esta revista
son de responsabilidad exclusiva
de sus autores, sin que Editorial Prensa
Técnica, S. L. los comparta
necesariamente.

Sumario

Número 48 · Volumen XIII · Primer trimestre · 2023

Editorial

El 50 Aniversario de EAPA

05

Tribuna

José Luis Peña

07

Tribuna

Jacinto Luis García

09

Tribuna

Alfonso Pérez

11

Nuevos Ligantes BT para Mezclas MASAI

Vicente Pérez - María González - Marimar Colás - María del
Carmen Rubio - Fernando Moreno

15

Secciones fijas

Ensayos, Normativa

27

Novedades en la maquinaria de obra Intenciones y Objetivos

Criterios a tener en cuenta para el diseño de una planta
ubicada en un entorno urbano

37

Nuestra Experiencia con el ensayo Fénix

Marisol Barra. - Javier Loma

41

Secciones fijas

Mirando al Pasado, Calendario, Noticias del Sector,
Resumen XVII Jornada de ASEFMA, Lecturas recomen-
dadas, Digitalización del Sector, Observatorio de
Mercado, Afirmaciones Asfálticas

49

22-25 NOVIEMBRE/ NOVEMBER
ZARAGOZA (ESPAÑA/SPAIN)

SMOPYC

2023

19 SALÓN INTERNACIONAL DE MAQUINARIA DE
OBRAS PÚBLICAS CONSTRUCCIÓN Y MINERÍA

19 INTERNATIONAL SHOW OF PUBLIC WORKS,
CONSTRUCTION AND MINING MACHINERY

www.smopyc.es



El 50 Aniversario de EAPA

En este año 2023 se cumplen 50 años de la creación de EAPA, constituida en 1973. La idea de crear una Asociación Europea del Asfalto se planteó por primera vez en 1972, en la Tercera Conferencia Internacional de Ann Arbor sobre Diseño Estructural de Pavimentos Asfálticos en Londres. Solo un año después de la idea inicial, se llevó a cabo una reunión en Alemania donde representantes de varias asociaciones nacionales de asfalto se reunieron para iniciar acciones concretas para sentar las bases para formar una asociación europea.

El 14 de octubre de 1973 los firmantes fueron: Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Holanda, Noruega, España, Suecia y Reino Unido. Estos 11 representantes de 11 asociaciones de países europeos fundaron formalmente en esa fecha la Asociación Europea de Pavimentación Asfáltica (EAPA). España tuvo que constituir previamente la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) para poder ser uno de esos 11 países firmantes. Asefma por tanto, también cumple este año 50 años de antigüedad.

En su acta fundacional se establece que: “el objetivo principal de la Asociación Europea de Pavimentos Asfálticos es construir una base sólida de pruebas para promover los beneficios económicos, técnicos y sociales de la pavimentación asfáltica en la construcción y el mantenimiento de carreteras. Además, crear el futuro de una industria del asfalto innovadora y moderna en Europa que se preocupa por la salud y la seguridad, así como por la protección del medio ambiente y la sostenibilidad”.

Es muy relevante señalar, quizás sea el primer rasgo de identidad, que EAPA toma la decisión hace 50 años, cuando no existía la Unión Europea y el senti-

miento europeo daba sus primeros pasos, de ser el referente de Europa en la pavimentación asfáltica o como dice la web de EAPA, ser “The voice of the European Asphalt Industry”. Para desarrollar ese objetivo lo hace a partir de asociaciones nacionales existentes en Europa, algunas tan antiguas Asfaltindustrien de Dinamarca y otras recién constituidas como Asefma en España.

Sin lugar a dudas, ahora con la Unión Europea constituida y con 27 Estados miembros formando parte de esa comunidad política de derecho constituida en régimen sui generis de organización internacional fundada para propiciar y acoger la integración y gobernanza en común de los 27 Estados miembros de la UE27 puede parecer obvio pero hace 50 años las cosas no eran tan claras y es de justicia reconocer a EAPA su apuesta por esa identidad europea propia.

También resulta muy singular, segundo rasgo propio, que para alcanzar los objetivos antes referidos, EAPA establece en su estructura organizativa, al máximo nivel un Comité Ejecutivo constituido por “representantes de las asociaciones nacionales miembros de EAPA”, es decir EAPA es en realidad, a diferencia de otras muchas asociaciones, una asociación europea de asociaciones nacionales. De esta manera EAPA a partir de las asociaciones nacionales:

- Intercambia, difunde y promueve la información y el conocimiento
- Representa a sus miembros ante las partes interesadas
- Construye sobre su sólida reputación y se erige como la voz de la industria europea de pavimentación de asfalto

Estos dos rasgos: apuesta por la identidad europea y constituirse como una asociación de asociaciones nacionales son desde luego 2 señas de identidad propias

Editorial

tomadas por sus fundadores hace 50 años y desde luego han mostrado a lo largo de estos años ser ambas grandes decisiones.

El próximo día 30 de marzo se va a celebrar en Madrid el 50 aniversario de EAPA, sin lugar a dudas un gesto significativo hacia su Presidente actual y al papel de Asefma como socio fundador, y desde esta revista queremos poner de manifiesto el reconocimiento a la excelente labor que EAPA ha desarrollado en estos 50 años y la felicitación más sincera por esa merecida celebración del 50 aniversario. ¡Enhorabuena EAPA!

El poder innovador de la normativa. Compra pública de innovación en el sector de la carretera



Cuando hablamos de I+D+i, generalmente se piensa en inversión monetaria traducida en cifras. Bajo este criterio, la posición española es bastante mejorable. La I+D mantuvo su peso en la economía española, pasando del 1,41% del PIB en 2020, al 1,43% en 2021, incrementándose en tan sólo dos centésimas. La cifra permanece lejos del compromiso europeo de dedicar al menos el 2% del PIB en I+D. Nuestro país se encuentra en la tabla media de inversiones en investigación con respecto al resto de socios de la UE, y por debajo de las grandes potencias del club comunitario. Alemania destina más del 3% de su PIB a I+D y Francia, el 2,3%. Fuera del continente, destacan potencias tecnológicas como Corea del Sur (4,8%), Estados Unidos (3,4%) y Japón (3,3%).

No todos los sectores invierten en I+D+i de la misma manera ni con la misma intensidad. Así, áreas como la biotecnología o las tecnologías de la información desarrollan una actividad investigadora frenética que es difícil igualar. Por lo tanto, es evidente que cada sector debe marcarse objetivos específicos sin tener que compararse con otras áreas en las que se están produciendo cambios disruptivos.

Otra consideración importante sobre la I+D+i obedece a la estructura del mercado que gobierna cada sector. Así, áreas en las que el sector público es predominante, como es el sector de la carretera, difícilmente puede compararse con áreas en las que el sector privado es mayoritario, como puede ser el sector agroalimentario.

En el caso de sectores con alta intervención pública, suelen existir estrictos componentes normativos orientados a

garantizar que los recursos públicos son invertidos de forma adecuada. Estas restricciones normativas generan, como efecto indeseado, barreras a la innovación.

Para la administración pública, la implantación de tecnologías innovadoras siempre ha resultado compleja dado que los procesos de licitación exigen la existencia previa de pliegos técnicos que suelen requerir largos periodos de maduración. Si a esto unimos, como es el caso de la ingeniería civil, que la validación de resultados a escala real requiere de largos periodos de validación y control, es fácil entender que la velocidad de innovación sea bastante lenta.

Paralelamente, las empresas necesitan que las inversiones en I+D+i tengan un retorno económico que difícilmente se consigue cuando el tiempo transcurrido entre el desarrollo de una idea y su llegada al mercado exige el paso de largos periodos de tiempo.

Es evidente que en el sector de la carretera es casi imposible que se puedan dar casos como el sector de tecnologías de la información, en la que los emprendedores pueden crear empresas exitosas en periodos relativamente cortos.

Atendiendo a todas las consideraciones anteriores podríamos caer en el derrotismo, pero también hay espacio para el optimismo como veremos a continuación.

En mi opinión, en el sector de la carretera dos son los elementos capitales para favorecer el desarrollo de la innovación: disponer de elementos normativos que faciliten la validación de nuevas tecnologías y un cambio cultural, tanto a nivel de empresas como de las propias administraciones públicas. Si se llegan a conseguir ambos objetivos, la financia-

El poder innovador de la normativa. Compra pública de innovación en el sector de la carretera

ción de las actividades de I+D+i sería mucho más sencilla que en la actualidad y no tendría que depender tanto de las subvenciones, sino que se basaría principalmente en la rentabilidad obtenida de la explotación de los resultados innovadores.

Aunque no es en sí una novedad, la compra pública de innovación lleva relativamente poco tiempo en el sector de la carretera. La primera experiencia registrada tuvo lugar en Santiago de Compostela en el año 2014 y tuvo como objeto el desarrollo de un sistema de optimización del tráfico. Desde entonces han surgido más experiencias de las que se pueden destacar dos: la búsqueda de soluciones innovadoras para el diseño e implementación de sistemas de protección antiniebla en el tramo de la autovía A-8 entre Mondoñedo y A Xesta o la desarrollada por la Generalitat de Cataluña para la compra pública innovadora para el desarrollo de firmes sostenibles.

En todos estos casos, como es inherente a la compra pública de innovación, las administraciones públicas buscan un medio que les permita dar respuesta a ciertas necesidades funcionales que aún no tienen resueltas y que mediante las soluciones estándar parece difícil que se puedan obtener los resultados deseados.

El reciente lanzamiento por parte de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) de una convocatoria para la consulta preliminar al mercado que busca desarrollar soluciones innovadoras, a través de la incorporación de procesos y tecnologías de última generación, es una gran noticia ya que significa un nuevo impulso al desarrollo de la innovación en nuestro sector.

Parece ser que la respuesta a la consulta ha sido un verdadero éxito, recibándose un gran número de propuestas, muchas de ellas relacionadas con el sector de la pavimentación.

Aunque la compra pública de innovación es una buena herramienta para el desarrollo de nuevas tecnologías, suele adolecer de un relativamente largo periodo de implantación, si bien es cierto que dicho periodo depende de si el proceso se basa en “compra pública de tecnología innovadora CPTI”, es decir, llevar al mercado tecnologías que ya están desarrolladas pero que no han sido aplicadas en España o si el proceso se basa en la “compra pública precomercial CPP”, en cuyo caso la administración está realmente con-

tratando un servicio de I+D+i que inevitablemente exige un periodo de desarrollo más largo.

No me gustaría acabar esta tribuna sin mencionar otra herramienta normativa que puede tener un gran impacto en el sector. Me refiero a la orden circular 1/2022 sobre “declaraciones de excepcionalidad. normativa para impulsar la investigación, el desarrollo y la innovación” publicada por el MITMA.

A excepción de una breve experiencia en los años 80 en la que el desarrollo de tramos de prueba en las carreteras tenía una cobertura legal, desde entonces la inmensa mayoría de las experiencias realizadas en carreteras se han hecho a riesgo y fortuna del contratista con la colaboración de los técnicos de las administraciones de carreteras con más espíritu emprendedor. Este modelo de aplicación de los tramos de prueba tiene dos problemas principales: el riesgo profesional y económico para las personas y empresas involucradas en la experiencia, en el caso de que los resultados no sean los deseados, pero aún en el caso de obtenerse resultados positivos, es muy complejo habilitar recursos económicos para hacer un seguimiento adecuado de dichos tramos de ensayo, ya que este tipo de seguimiento puede exigir años de trabajo.

Por lo tanto, la publicación de la orden circular 1/2022 genera un espacio de seguridad para los técnicos y gerentes de las administraciones públicas, así como para las empresas.

Gran parte de la falta de recursos en el sector de la carretera se debe a la indolencia con que la sociedad de los países desarrollados mira a un bien que, por habitual, ha dejado de ser valorado como se merece. Muy posiblemente el desarrollo de la conducción autónoma/automatizada volverá a poner el foco en las carreteras gracias a un tipo de movilidad muy distinta a la que conocemos, volviendo a tener la carretera el reconocimiento que nunca debería haber perdido.

Un enemigo no pequeño de la sostenibilidad de los firmes asfálticos: El descontrol térmico en su puesta en obra



En algunos eventos técnicos celebrados en España relacionados con la pavimentación asfáltica (ICA 4.0, Jornadas Técnicas de la Asefma, etcétera) se observa como empieza a tener presencia, aunque poco a poco, un tema que, en mi opinión, resulta crucial para la tan aireada y deseable sostenibilidad de los firmes asfálticos, por cuanto es un factor muy relevante para la durabilidad de las mezclas en caliente aplicadas en los mismos.

Me refiero a lo relacionado con la temperatura de la mezcla en la capa recién extendida y el grado de homogeneidad térmica de la misma.

Su importancia radica en que la presencia en ella de segregaciones térmicas suele repercutir sensiblemente en la homogeneidad de densidades obtenidas tras su compactación, dando lugar a áreas con baja densidad que, consecuentemente, presentan menores prestaciones mecánicas y una mayor porosidad y afección por el agua; ello dará lugar a la aparición de daños a corto plazo, en forma de fisuras, erosiones, formación de baches, etc., acortando la durabilidad que debiera haber logrado la capa.

Desde la aplicación de métodos de visión infrarroja, ya a principios del presente siglo, se ha ido constatando tanto la casi absoluta ineficacia de los sistemas de control de calidad tradicionales, incapaces de detectar problemas de segregaciones térmicas en el extendido, como la estrecha correlación entre las segregaciones térmicas y la aparición de fallos prematuros en las capas asfálticas del firme; por el contrario, una buena homogeneidad térmica durante el extendido repercute en una mejor durabilidad.

Ello llevó, en otros países, a varias administraciones gestoras de carreteras y empresas del sector de mezclas asfálticas a impulsar diversos desarrollos tecnológicos enfocados a superar las deficiencias del control de calidad habitual, basado en muestreos puntuales y que se ha revelado ineficaz para el control de las heterogeneidades térmicas en las capas extendidas, como prueban numerosos fallos prematuros que, por esta causa, aparecen en obras que habían superado los requisitos de calidad contractuales para su recepción.

El resultado final de estos desarrollos ha sido un sistema de control continuo del estado térmico de la capa extendida mediante escáner de infrarrojos, sistema ya implantado de forma generalizada en algunos países. Países que tienen clara la relación entre calidad de ejecución, en la que es insoslayable la cuestión térmica, y la durabilidad del firme y su sostenibilidad y los costes de su conservación; tanto que, en alguno de ellos, se ha ligado contractualmente la homogeneidad térmica medida con escáner en la totalidad de la capa extendida con el abono de la misma, primando o penalizando el mismo según el resultado medido.

Y en España ¿qué hacemos o cuál es la tendencia?. Aparte de tratar de divulgar los avances que están aplicando otras administraciones foráneas, poco o nada se ha avanzado y la realidad es que nos situaríamos en el pelotón de cola en cuanto a asegurar la mejor durabilidad de los firmes al no aplicar métodos eficientes de control.

Los resultados prácticos son bastante descorazonadores, incluso tras reformas normativas que incluyeron mejo-

Un enemigo no pequeño de la sostenibilidad de los firmes asfálticos: El descontrol térmico en su puesta en obra

ras orientadas a conseguir una mejor homogeneidad térmica durante la puesta en obra de mezclas en caliente, como fue la obligatoriedad de empleo, en muchos casos, de dispositivos de transferencia rehomonizadores tras la evidencia de los beneficios que produce en ese apartado, además del de la regularidad superficial. No obstante, la realidad muestra día a día un incumplimiento bastante generalizado, incluso en condiciones escandalosamente obvias de presencia inevitable de segregaciones térmicas (transportes largos, épocas climáticas inadecuadas, interrupciones continuas en el avance de extendido,...).

Seguimos aplicando una teórica y absolutamente ineficaz, cuando se hace, que no siempre, comprobación puntual de la temperatura de llegada a obra del camión, pero nada más. Incluso en condiciones como las citadas, es lamentablemente palpable la impasibilidad con que los actores intervinientes (el que ejecuta, el que controla y el que recibe y paga) consienten estas deficiencias de ejecución y control, ¿Acaso no las perciben por ignorar las consecuencias?

Es por ello que entiendo que se deba insistir en la divulgación de métodos eficientes de control de la temperatura de puesta en obra de una mezcla asfáltica en caliente, en contraposición a la ineficacia (y no aplicación en bastantes casos) de las mediciones puntuales, y en generalizar la convicción de la inequívoca relación entre durabilidad y homogeneidad térmica en la puesta en obra de una capa asfáltica.

Se generan loables e importantes esfuerzos con el objetivo de lograr una mayor durabilidad de los firmes mediante mejoras e innovaciones, como son los debidos a nuevos diseños de mezclas, aplicación de nuevos o mejores materiales o mejoras en los procesos de fabricación. Sin embargo, todo ello tiene un peligroso talón de Aquiles, que puede dar al traste con tanto esfuerzo: el proceso de puesta en obra y, en particular, los aspectos ya citados relacionados con la homogeneidad de temperatura de la capa extendida.

En esta Revista se ha tratado este tema, en una Tribuna del ya lejano número 15 en 2014 con el provocativo título de “¿Están obsoletos los sistemas de control de calidad de las mezclas asfálticas en caliente? Hacia nuevos paradigmas en este campo”, otra tribuna del número 28 de 2018, “The Ideal Project”, hasta el número 47 donde, en la recientemente creada Sección de Maquinaria, se tratan los “Equipos para el control térmico en la puesta en obra de las mezclas as-

fálticas en caliente”.

Un intento de mejora se ha plasmado en la reciente generación de una Norma UNE para el control térmico de mezclas; es posible que si se incluye su aplicación en la normativa, se produzca algún avance. No obstante, soy poco optimista al respecto.

El ejemplo de otros países indica que más que la normativa lo que ha impulsado los cambios ha sido el convencimiento previo de las partes actoras, cliente y constructor, en mejorar la durabilidad de las mezclas. Ello impulsó la mejora de métodos constructivos y sistemas de control, pero acompañados siempre de una premisa sine qua non: se debe identificar y premiar la mejor calidad, aquella que propicia una mayor durabilidad del firme y produce una mejor eficiencia en la inversión, y ello con métodos objetivos y medibles.

No es realista esperar que las empresas hagan inversiones para mejorar la durabilidad de los firmes que ejecutan si ello no les reporta ventaja competitiva alguna, o no están en igualdad de condiciones en el mercado. Las mejoras, medibles de un modo objetivo, en la durabilidad de las capas de mezclas asfálticas deben ser recompensadas ya sea mediante una compensación económica o una ventaja competitiva en las licitaciones; del mismo modo que habría que actuar en sentido contrario.

Confiar únicamente en que el buen hacer o ética profesional de los ejecutantes se autorrecompense con la satisfacción de una obra bien hecha puede darse puntualmente, pero mantendrá la situación actual, manifestamente mejorable, que se podría calificar, en no pocos casos, de descontrol térmico.

Por ello, y a modo de conclusión, habría que orientarse hacia la implantación de tecnologías ya disponibles y más avanzadas, como los sistemas de control en tiempo real del estado térmico de toda la capa en ejecución basados en escáner de infrarrojos, que realmente repercuten en maximizar la durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente. Es uno de los componentes para migrar al Asfalto 4.0.

Orgullosos de haber sido carreteros “y no haber volcado”

Alfonso Pérez
Asistente Técnico de Obras
Públicas

Hemos sido millones las personas que desde los tiempos en los que se pavimentaron las primeras calles, seis mil años atrás en la ciudad de **UR** de la antigua Mesopotamia, nos hemos dedicado en cuerpo y alma a la construcción, mantenimiento y cuidado de las carreteras, y a mucha honra estimadas Amigas y Amigos, yo he sido una de ellas.

El empleo al que he dedicado cincuenta años de mi vida, pienso que en alguna medida también me ha honrado como persona, pues he dedicado ese tiempo al ejercicio de una profesión que se ocupa de la construcción y el mantenimiento de uno de los bienes más preciados con los que cuenta la sociedad, sus Carreteras. Esta actividad creo que dignifica a quienes honestamente se dedican a ella, pues posiblemente, sean uno de los ingenios humanos más eficientes para la evolución y el progreso de las naciones, y sin temor a equivocarnos, podríamos decir que la vida ha pasado, está pasando, y pasará por las carreteras. A buen seguro es el mejor instrumento que se haya creado para la comunicación y el transporte, funciones que han sido, son y serán esenciales para el desarrollo humano.

También es cierto que la calidad de las carreteras y su estado de conservación tienen una gran influencia en la salvaguarda y protección de muchas vidas, por lo que es necesario mantenerlas en un buen estado de uso. Es preciso para ello invertir en los cuidados y mejoras que precisen, procurando que los recursos para su mantenimiento sean sostenibles, demanda que requiere de un fuerte impulso en proyectos de investigación, con el objetivo de explorar las mejores alternativas para la conservación eficiente de las carreteras. Posiblemente, preservando la superficie de las calzadas se pudiera proteger también el paquete de firme.

Mi vida profesional la he dedicado precisamente a rehabilitar pavimentos, aunque también he participado en tareas de reciclado in situ de capas asfálticas, estando más implicado en la regeneración de las superficies de rodadura. En las muchas actuaciones en las que intervino, los tratamientos se realizaban empleando técnicas de pavimentación en frío, método posible gracias a la tecnología desarrollada a través de las Emulsiones Bituminosas.

No ocultaré que soy un enamorado, si se me permite la expresión, del arte de conservar y mantener las calzadas empleando las técnicas que nos ha proporcionado este producto. Soy ferviente defensor de su empleo regular en las estrategias de conservación, al objeto de satisfacer algunas de las necesidades que las actuales carreteras demandan. Rehabilitaciones para las cuales las técnicas en frío proporcionan soluciones, entre las que se encuentra el restablecimiento de la capacidad estructural de algunas capas del firme, así como proteger pavimentos o regenerar las superficies de rodadura entre otras posibilidades.

Para atender estas funciones cuentan con diferentes recursos, entre los que se encuentran distintos tipos de Mezclas Bituminosas, Riegos Auxiliares, Reciclados In Situ, Riegos con Gravillas ó Microaglomerados en Frío, entre otras contribuciones que estas técnicas pueden ofrecer a las carreteras. Son una aportación más, dentro del amplio panorama de procedimientos existentes para el mantenimiento y conservación de la red viaria, pero se debe valorar en justa medida las ventajas medioambientales que pueden aportar, así como tener en cuenta el futuro desarrollo que, a buen seguro, experimentarán en el campo de la conservación preventiva.

Un enemigo no pequeño de la sostenibilidad de los firmes asfálticos: El descontrol térmico en su puesta en obra

Este convencimiento lo he adquirido tras años de oficio y de haber podido observar personalmente la eficiencia de estas técnicas. Fui advertido hace mucho tiempo, en los inicios de mi vida laboral, de las propiedades y el potencial que podían desplegar la tecnología dependiente de las Emulsiones Bituminosas. Generalmente, con afecto y de forma generosa, muchos Ilustres maestros y excelentes profesionales de estas técnicas nos han transmitido sus conocimientos y sabiduría, generando en muchos de nosotros una gran curiosidad, inquietud y admiración por estos procedimientos de pavimentación a temperatura ambiente.

Me instruí en este oficio trabajando para Productos Bituminosos S.A. (PROBISA), que por aquellos años lideraba uno de los mayores promotores que esta tecnología haya conocido, me refiero al apreciado Doctor Ingeniero Juan Antonio Fernández del Campo. Aprendí también junto a profesionales de la investigación, el diseño o aplicación de estas técnicas, la enorme capacidad que poseían para la conservación preventiva de los pavimentos.

Aunque las Emulsiones Bituminosas cuentan ya con un siglo de antigüedad, sin embargo, actualmente se están convirtiendo en unas extraordinarias aliadas para favorecer los criterios de la economía circular siendo también instrumentos válidos contra el cambio climático. Desde el sector de las carreteras se podrían convertir en una excelente aportación para contribuir decididamente a descarbonizar el Planeta.

La construcción de carreteras y su conservación son actividades que demandan un elevado consumo de recursos naturales y energía, emitiendo además a la atmosfera importantes cantidades de gases de efecto invernadero, razón por la que habría que esforzarse en la búsqueda de alternativas que minimizaran esta situación. Ese esfuerzo, en mi modesta opinión, pasaría en buena medida por el reconocimiento objetivo de las posibilidades que las técnicas derivadas de las Emulsiones Bituminosas pueden ofrecer al mantenimiento de las carreteras, y valorar con rigor las ventajas que aportarían a las estrategias de conservación, si su uso para estas funciones se generalizara.

En estas tareas, las técnicas en frío han demostrado a lo largo de los años ser muy versátiles, pues han proporcionado una importante variedad de soluciones constructivas para muchas de las demandas de restauración que las actuales calzadas requieren. Algunas de sus propiedades son sobradamente conocidas, como la eficiencia que desde hace ya

tiempo vienen mostrando los Reciclados in situ, que son capaces de rehabilitar la capacidad estructural de los firmes reutilizando sus materiales. Igualmente es conocida la eficacia y perdurabilidad que han exhibido los tratamientos realizados a base de Riegos con Gravillas, con los que se han construido muchas de las carreteras de nuestro país. Reconocida es también la capacidad que han demostrado los Microaglomerados en Frío para mejorar la seguridad vial, al incrementar el coeficiente de rozamiento de las capas de rodadura gracias a la macrotextura que algunos de sus husos pueden proporcionar.

A parte de estas propiedades, generalmente reconocidas por los profesionales de las carreteras, la última de las técnicas mencionadas, los Microaglomerados en Frío, aportan además una característica que los hace muy atractivos para la conservación preventiva tanto de los pavimentos como de sus firmes. Aunque esta admirable peculiaridad que poseen estas mezclas es poco conocida y escasamente puesta en valor, resulta, sin embargo, muy provechosa para proteger a las calzadas de los agentes medioambientales que las deterioran. Entre ellos los factores derivados de las condiciones climatológicas, como la acción negativa que el agua ejerce sobre las carreteras, teniendo mayor incidencia y capacidad degenerativas sobre las capas granulares. Igualmente, las perniciosas consecuencias que para las mezclas asfálticas tienen las radiaciones solares, contribuyen de forma muy severa también a reducir las capacidades prestacionales de los pavimentos.

La protección que pueden ofrecer este tipo de revestimientos, constituidos por mezclas de las familias de los Microaglomerados en Frío o de las Lechadas Bituminosas, es muy considerable para incrementar la durabilidad de los firmes. Esta propiedad se debe a que con estos tratamientos se consigue en una misma aplicación reunir las capacidades de impermeabilización, minimizar los efectos que produce el gradiente de temperatura y, lo que es más importante, protegen la superficie de las calzadas de uno de los elementos, que, sin duda, representa la mayor amenaza para las mezclas asfálticas, como es la acción que sobre ellas ejercen las emisiones solares, pues estas presentan una gran capacidad degradante.

La capacidad protectora que estas mezclas pueden proporcionar a los pavimentos, se traduce finalmente en un incremento de la durabilidad de los paquetes del firme, cir-

cunstancia que reduciría significativamente las intervenciones de rehabilitación. Con ello se minimizarían los consumos de materias primas, energía, y se reducirían considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, se trata de una técnica que, por su método de producción y puesta en obra, se la podría considerar como uno de los procedimientos de pavimentación actualmente existentes más ecosostenible. Esta consideración se debe a que su aplicación se realiza a temperatura ambiente y ello se traduce en una reducción de los gastos energéticos, que son austeros también en la producción de su ligante la Emulsión Bituminosa, que no requiere de elevadas temperaturas para su fabricación. En estos procesos la generación de gases contaminantes es escasa, por lo que podrían convertirse en un magnífico aliado para la preservación del Medioambiente, si su empleo en los tratamientos de conservación preventiva se potenciara. Así, se podría convertir en una importante aportación a la sociedad desde el sector de las carreteras, para contribuir en la lucha contra el cambio climático.

Curiosamente, pese a contar las Emulsiones Bituminosas con un siglo de antigüedad, parecen, sin embargo, haber sido diseñadas expresamente para las necesidades actuales de conservación preventiva que muchas de nuestras carreteras demandan. Algunas de las técnicas que se han generado a través de su empleo tienen ya una larga trayectoria que ha sido sancionada por la experiencia, de la que en parte he sido testigo pudiendo dar testimonio de su versátil capacidad y eficiencia en el mantenimiento de las calzadas.

En este artículo, que con motivo de mi jubilación generosamente me ha invitado a escribir Juan José Potti, persona a la que considero un amigo pues entre otras cosas le debo buena parte de mis conocimientos y oportunidades profesionales, he procurado someramente esbozar en él, lo que ha sido en síntesis mi trayectoria como Carretero. Un oficio en el que procuré desenvolverme con honestidad y que viví apasionadamente, sintiéndome orgulloso de haber formado parte de su mundo. Por ello, he aprovechado esta ocasión para poner en valor lo que las carreteras me han enseñado, aprendiendo a lo largo de los años a cuidar de sus calzadas, protegiendo su superficie como forma de incrementar la vida útil de los firmes y mejorar la seguridad de sus pavimentos.

A pesar de haber estado cincuenta años sobre las carre-

teras "no he volcado", y creo que no sucedió porque muchos de los kilómetros que hice sobre ellas, los hice circulando sobre Microaglomerados en Frío. Eso hizo que me adheriría fuertemente al asfalto, y profesionalmente a una forma de aplicarlo, que, como he comentado insistentemente en el artículo, fue a través de las Emulsiones Bituminosas. Un producto a través del cual, se ha desarrollado una tecnología apropiada para las tareas de conservación preventiva de las carreteras, y a las que yo personalmente les debo un oficio, en el que ha sido posible mantenerme activo profesionalmente durante cincuenta años.



Ligantes sostenibles para carreteras con futuro

Nuestro compromiso con la **descarbonización** nos ha llevado a desarrollar soluciones pioneras en España: ligantes innovadores que se ajustan a los requisitos y condiciones de las **mezclas MASAI**.

- Más eficientes
- Más sostenibles
- Menos residuos y emisiones
- Altas prestaciones



Nuevos ligantes BT para mezclas MASAI

Vicente Pérez; María González;

vicente.perez@cepsa.com

María González,

maria.gonzalezg@cepsa.com

Marimar Colás,

marimar.colas@cepsa.com

María del Carmen Rubio,

mcrubio@ugr.es

Fernando Moreno,

fmoreno@ugr.es

Las Mezclas Asfálticas Sostenibles, Automatizadas e Inteligentes (MASAI) se caracterizan por tener altas prestaciones mecánicas y por haber sido producidas a una temperatura máxima de 140 °C. Adicionalmente, pretenden el empleo de materiales procedentes del fresado de pavimentos envejecidos en, al menos, un 20% de su peso, así como el de polímeros reciclados/reutilizados, como el polvo de caucho procedente de neumáticos al final de su vida útil.

Reducir la temperatura de fabricación de las mezclas asfálticas por debajo de los 140°C puede lograrse mediante el empleo de una nueva gama de ligantes especiales (ligantes BT). Estos ligantes pueden ser convencionales o modificados con polímeros, pero también, modificados con caucho procedente de neumáticos al final de su vida útil (NFVU).

El empleo de los betunes modificados con caucho por vía húmeda es ya habitual en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente para capas de rodadura, intermedias y bases, siempre que se cumplan ciertos requisitos técnicos para estos ligantes. En la normativa española, se exige el cumplimiento de las especificaciones recogidas en la OC 21/2007 para los betunes mejorados con caucho mientras que, a los modificados con caucho, se les exige cumplir las mismas especificaciones que aplican a los betunes modificados con polímeros, recogidas en la norma europea EN 14023.

A pesar de que estos ligantes contribuyen al reciclado del caucho, y esto supone ya una ventaja medioambiental desde el punto de vista de gestión de residuos, las temperaturas de trabajo adecuadas para los betunes caucho son típicamente superiores a las empleadas con los betunes convencionales y modificados con polímeros y por ello, a igualdad del resto de condiciones (áridos, distancia de la planta a la obra, etc), las emisiones de CO₂ para las mezclas fabricadas con betunes caucho son ligeramente superiores. Esta situación se trata de corregir con el desarrollo de los betunes caucho BT que permitirán fabricar mezclas asfálticas más sostenibles.

En este artículo se presentan las características de diferentes tipos de ligantes Baja Temperatura (incluidos los betunes caucho), que podrán ser empleados en la fabricación de mezclas MASAI. Asimismo, se evalúa el comportamiento mecánico de las mezclas bituminosas fabricadas a menor temperatura de la habitual con estos ligantes BT, comparándolas con mezclas en caliente, para seleccionar las formulaciones más adecuadas de estos nuevos ligantes BT y sus condiciones de empleo.

Palabras Clave: Mezclas MASAI, mezclas asfálticas semicalientes, ligantes BT, betunes caucho, reciclado, sostenibilidad.

The Sustainable, Automated and Intelligent Asphalt Mixtures (MASAI) are characterized by having high mechanical performance and for having been produced at a maximum temperature of 140 °C. Additionally, they intend to use materials from the milling of aged pavements in at least 20% of weight, as well as recycled/reused polymers, such as crumb rubber from end-of-life tires.

Reducing the manufacturing temperature of asphalt mixtures below 140°C can be achieved by using a new range of special bitumen (Low Temperature binders). These binders can be conventional or polymer modified, but also crumb rubber modified with rubber from tires (ELTs).

The use of crumb rubber-modified bitumen, by the wet method, is already common in the manufacture of hot asphalt mixtures for wearing, binder and base courses, provided that certain technical requirements for these binders are met. In Spanish regulations, compliance with the specifications in OC 21/2007 is required for rubber-improved bitumen, while crumb rubber-modified bitumen are required to meet the same specifications that apply to polymer-modified bitumen, collected in the European standard EN 14023.

Despite the fact that these binders contribute to the recycling of rubber, and this already represents an environmental advantage from the point of view of waste management, the appropriate working temperatures for crumb rubber bitumen are typically higher than those used with conventional and polymer modified bitumen and therefore, if all other conditions were equal (aggregates, distance from the plant to the work, etc.), the CO₂ emissions for asphalt mixtures produced with crumb rubber bitumen are slightly higher. This situation has been corrected with the development of LT crumb rubber bitumen, that will allow more sustainable asphalt mixtures.

In this paper, the characteristics of different types of Low Temperature binders (including crumb rubber bitumen), which can be used in the manufacture of MASAI mixtures, are presented. Likewise, the mechanical behavior of the bituminous mixes manufactured with these LT binders at lower temperatures than usual is evaluated, comparing them with hot mixes, in order to select the most suitable formulations of these new LT binders and their conditions of use.

Keywords: MASAI mixes, warm mix asphalt, LT binders, Crumb rubber bitumen, recycling and sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad es sin duda una de las componentes clave que deberán tener las mezclas asfálticas en los próximos años. Muestra de ello es el desarrollo de las denominadas mezclas MASAI (Materiales Asfálticos, Sostenibles, Automatizados e Inteligentes), puestas en marcha recientemente en la construcción y rehabilitación de carreteras de Andalucía. En ellas se prima, entre otras cosas, la obtención de pavimentos de altas prestaciones, con temperaturas de fabricación reducida y que contemplen principios de economía circular. Entre estos principios destacan la reutilización de materiales asfálticos procedentes de pavimentos envejecidos y el reciclado de polímeros o subproductos de otras industrias.

Hasta la fecha se han fabricado ya más de 18.500 toneladas de mezclas MASAI y se está realizando un seguimiento del comportamiento mecánico de éstas. No obstante, se sigue trabajando en el desarrollo y optimización de los ligantes asfálticos que mejor permitirán el diseño de estas mezclas para que cumplan con los requisitos mecánicos y funcionales.

Este artículo detalla el trabajo realizado por CEPSA, en colaboración con el Laboratorio de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Granada (LabIC-

UGR), en el desarrollo de ligantes asfálticos capaces de cumplir estas expectativas, lo que se ha evaluado no sólo con los ensayos convencionales sino también con nuevos ensayos reológicos más adaptados para la evaluación de sus prestaciones en las mezclas MASAI.

En base a las consideraciones anteriormente planteadas, el objetivo principal del estudio presentado fue desarrollar ligantes modificados con caucho para mezclas de altas prestaciones mecánicas y funcionales, capaces de garantizar una temperatura de fabricación de mezcla inferior a 140 °C y un contenido de polímero reciclado (polvo de caucho en este caso) superior al 0.5% sobre el peso de mezcla. Este último requisito se satisface en el caso de emplear betunes modificados con caucho.

2. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Desde el departamento técnico de asfaltos de CEPSA se ha trabajado en diferentes formulaciones de betunes tipo BC 50/70 (para mezclas continuas) y PMB 45/80-60 C (para mezclas discontinuas), que fueron modificados con distintos porcentajes de polvo de neumático al final de su vida útil (en adelante PNFVU), así como

con distintas tipologías y dosificaciones de aditivos, capaces de permitir una buena trabajabilidad de mezcla y envuelta entre los áridos y el betún a menores temperaturas.

En base a los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de diseño de los ligantes a nivel de laboratorio y de planta piloto, y a un estudio exhaustivo de viscosidad y reología con respecto a la temperatura, se seleccionaron 2 formulaciones para cada tipología de betún:

1. Betunes mejorados con caucho: BC 50/70 I y BC 50/70 II
2. Betunes modificados con caucho: PMB 45/80-60 C I y PMB 45/80-60 C II

Estos betunes caucho han sido obtenidos por el proceso de vía húmeda en central empleando betunes seleccionados, PNFVU y aditivos para su empleo en la fabricación de mezclas a temperaturas inferiores a 140°C. Esto se ha conseguido gracias al empleo de diferentes aditivos que se enmarcan en el grupo de los tensioactivos, para los ligantes del tipo I y de las ceras, para los del tipo II. Sus características se recogen en la Tabla 1 adjunta.

Estos 4 betunes se utilizaron en la fabricación de

mezclas bituminosas tipo AC 22 y BBTM 11B a diferentes temperaturas (130, 150 y 165 °C para los BC, y 130, 150 y 170 °C para los PMB-C), partiendo de las mismas fórmulas de trabajo diseñadas para las mezclas bituminosas homólogas fabricadas en caliente, con los betunes tradicionales de estas mezclas que son el B50/70 para las AC22 y el PMB 45/80-60 para las BBTM 11B (Tabla 2).

Las Figuras 1 y 2 recogen los esqueletos minerales utilizados en cada una de las tipologías de mezclas AC22 y BBTM 11B, empleadas durante el estudio de diseño de los ligantes. Notar que, a la hora de diseñar las mezclas BBTM 11B, se decidió optar por curvas granulométricas en la zona inferior del huso con el objetivo de obtener una mezcla más abierta (dentro de los límites establecidos en el PG-3 para las BBTM 11B) de manera que sus características fueran lo más adversas posibles para fabricarlas a bajas temperaturas (las mezclas discontinuas de capa delgada con elevado contenido de huecos son mezclas que se enfrían con mayor rapidez, son menos trabajables y son más vulnerables a las acciones del agua en caso de envueltas deficientes del ligante). De esta manera, se pretende demostrar que, si se consigue fabricar mezclas MASAI bajo estas condiciones, puede llevarse a

Característica	Norma ensayo	B 50/70	BC 50/70 I	BC 50/70 II	PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 C I	PMB 45/80-60 C II
Penetración (dmm)	EN 1426	56	62	57	63	45	45
Punto de reblandecimiento (°C)	EN 1427	50	55,7	62,4	63,5	66	79,3
Recuperación elástica (%)		--	40	50	85	63	60
Viscosidad Brookfield:	EN 13302						
η @135°C (mPa)		700	905	485	1230	4092	2265
η @150°C (mPa)		240	520	270	600	1800	590
η @175°C (mPa)		80	180	102	240	450	212
Estabilidad a almacenamiento:	EN 13399						
Δ penetración (dmm)		--	8	12	0	4	20
Δ punto rebland (°C)		--	4	6	0	5	12

Tabla 1. Características de los ligantes empleados en la fabricación de las mezclas estudiadas

Nuevos Ligantes BT para Mezclas MASAI

	AC 22 REF	AC 22 BC-I	AC 22 BC-II	BBTM 11B REF	BBTM 11B PMBC-I	BBTM 11B PMBC-II
Contenido de ligante (% sobre peso de mezcla)	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0
Tipología de ligante utilizado	B 50/70	BC 50/70 I	BC 50/70 II	PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 C I	PMB 45/80-60 C II
Árido grueso	6/12 mm calizo; 12/18 mm calizo; 18/24 mm calizo	6/12 mm calizo; 12/18 mm calizo; 18/24 mm calizo	6/12 mm calizo; 12/18 mm calizo; 18/24 mm calizo	6/12 mm ofítico	6/12 mm ofítico	6/12 mm ofítico
Árido fino	0/6 mm calizo	0/6 mm calizo	0/6 mm calizo	0/4 mm calizo	0/4 mm calizo	0/4 mm calizo
Filler	Recuperación	Recuperación	Recuperación	Carbonato Cálculo	Carbonato Cálculo	@Carbonato Cálculo

Tabla 2. Materiales empleados en la fabricación de las mezclas estudiadas

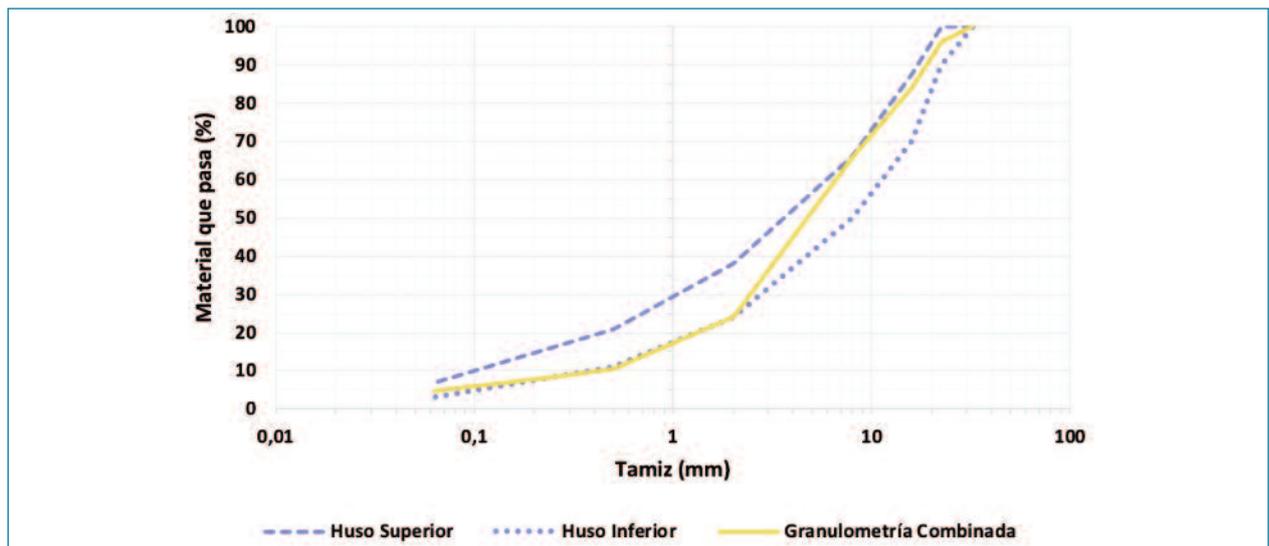


Figura.1 Curva granulométrica de las mezclas AC22 objeto de estudio

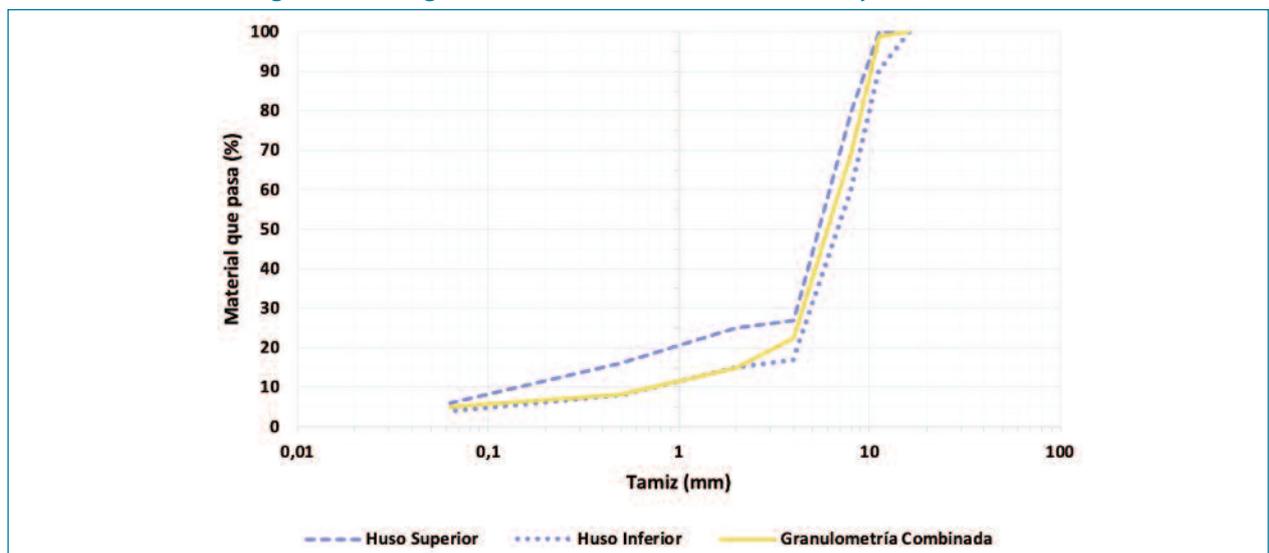


Figura.2 Curva granulométrica de las mezclas BBTM 11B objeto de estudio

cabo bajo cualquier otro conjunto de condiciones más favorables.

2.2. Plan de ensayos

La selección de las formulaciones óptimas de los ligantes BT con PNFVU para su empleo en el diseño de mezclas MASAI, fueron establecidas en base a un estudio avanzado de reología que contempló desde barridos de frecuencia a diferentes temperaturas, hasta estudio de la respuesta elástica y de la integración de las diferentes fases en base al ensayo MSCR (Multiple -Stress Creep and Recovery) a diferentes temperaturas.

En base a estas consideraciones, mediante el empleo del reómetro dinámico de corte (DSR) se realizaron ensayos de barridos de frecuencia (entre 0 y 20 Hz) y para un amplio rango de temperaturas (desde 10 a 80°C) realizados a una amplitud de deformación constante de 0.1%. A partir de los resultados de estos barridos, y para analizar la evolución de las propiedades del ligante con la temperatura, se representaron las isocronas para una frecuencia fija de 5 Hz. Por otra parte, para evaluar la simplicidad termo-reológica del material, los datos de ángulo de fase y módulo complejo (G^*) se representaron a través de diagramas de Black (Figura 3).

Además, también se utilizó el ensayo Multiple Stress Creep and Recovery (MSCR) (UNE EN 16659) [1] con el objetivo de cuantificar el comportamiento no lineal de

los ligantes bituminosos como medio para predecir su respuesta frente a las deformaciones plásticas y su recuperación elástica. Para la realización del ensayo se fijaron dos temperaturas de 45 y 70°C y en cada una de ellas se suceden ciclos compuestos de carga y recuperación aplicados al ligante. De esta forma cada ciclo se compone de un segundo de carga a cortante (alcanzando un pico de deformación) y nueve segundos de recuperación (Figura 4). Se fijaron un total de 60 ciclos de carga-recuperación (30 para cada nivel de carga) de acuerdo con las recomendaciones de otros autores en relación a la aplicación del ensayo en betunes modificados. Dentro de estas, los treinta primeros ciclos son realizados a una carga cortante de 0.1 kPa (para evaluar el material dentro del rango viscoelástico lineal) e inmediatamente después se realizan otros treinta ciclos en este caso a una carga de 3.2 kPa (para la evaluación del comportamiento mecánico fuera del rango lineal).

Como parámetros de análisis, se calcula en primer lugar, el porcentaje promedio de recuperación elástica del ligante que es la diferencia entre la recuperación elástica al final de un periodo de recuperación y la deformación pico tras la carga constante y que proporciona información acerca del modo en el que el polímero está trabajando en el ligante. Por otra parte, el parámetro J_{nr} (non recoverable creep compliance) es una medida de la deformación permanente del material tras los sucesivos ciclos de carga y recuperación y aporta importante

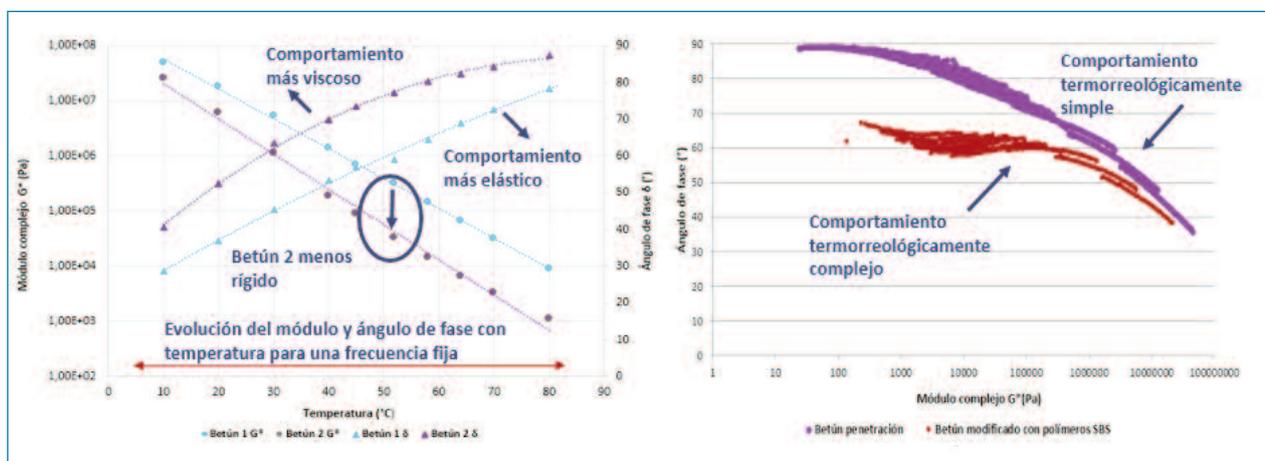


Figura 3. Ejemplo de representación de isocronas (izquierda) y Diagramas de Black (derecha) para distintos betunes.

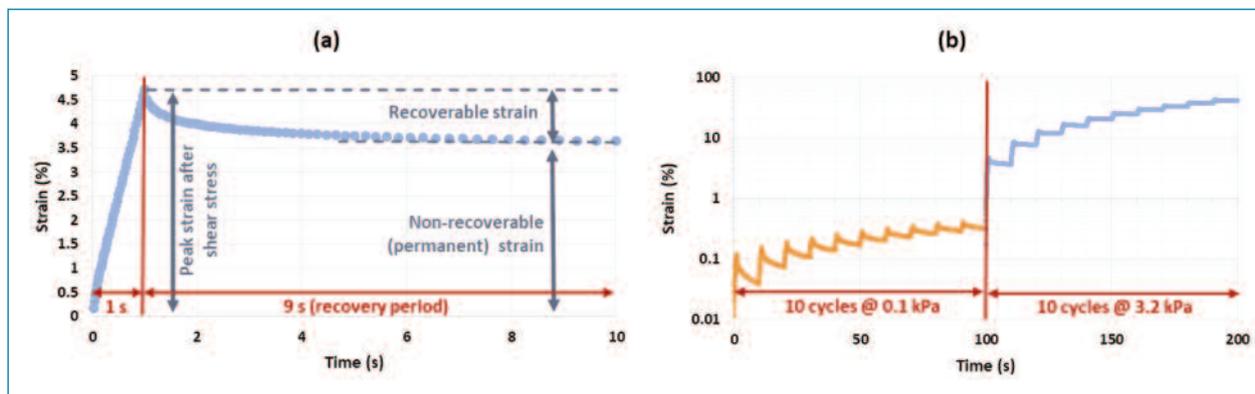


Figura 4. Descripción del ensayo MSCRT: a) Ciclo individual de carga y parámetros calculados; b) Conjunto de ciclos de carga en un ensayo completo a dos niveles de carga (Moreno-Navarro et al. 2019).

información del grado de resistencia de la mezcla que incorpore el ligante analizado frente a las deformaciones permanentes, a través de un ensayo cíclico más cercano al carácter cíclico de la aplicación de las cargas del tráfico.

Además, a partir de los ensayos realizados en las dos condiciones temperatura (45 °C y 70 °C) para una carga de 3.2 kPa, la nueva metodología desarrollada por La-BIC-UGR [2] establece dos nuevos parámetros:

- La tasa de deformación no recuperada (Non-Recoverable Strain Rate, Δ_{Enr} , in %/cycles) obtenida mediante la deformación acumulada en los últimos quince ciclos de carga del ensayo
- La deformación media recuperada de los últimos quince ciclos (Average Recovered Strain, RS_{15-30}).

Mediante la representación gráfica de estos parámetros se puede entender el comportamiento del ligante frente a la deformación (Figura 5) y se pueden obtener dos parámetros más, el índice de flujo (Flow Index, F) y la capacidad de Recuperación (Recovery Capacity, RC).

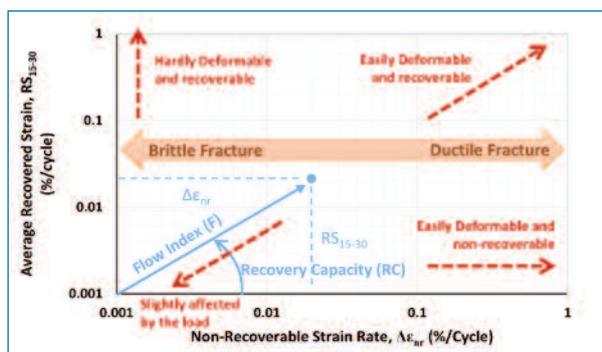


Figura 5. Representación de los parámetros básicos de análisis de la nueva metodología MSCRT [2] (Moreno-Navarro et al. 2019).

El primero (F) es una medida de la capacidad del ligante de deformar frente a la aplicación de una carga. A medida que es más alto, menor será la capacidad de aguantar esfuerzos sin deformar, independientemente de si dicha deformación es recuperable o no. La Capacidad de Recuperación (RC), por su parte, es una medida cuantitativa (no relativa como era el porcentaje de recuperación) de la elasticidad del ligante. Mediante la relación de estos últimos parámetros, se define un nuevo índice de gran utilidad para evaluar la durabilidad de las mezclas que apliquen los betunes ensayados, el L-index. A medida que el índice de flujo crece, la resistencia del material frente a las cargas disminuye mientras que, si el RC aumenta, la resistencia a las deformaciones plásticas y la fatiga se incrementa. Por ello, valores altos de L-index indican una mayor susceptibilidad del ligantes a las cargas y una mayor probabilidad de aparición de problemas debido a la acción del tráfico. Por último, en la metodología se define un índice más que mediante las relaciones entre F y RC a las distintas temperaturas del ensayo permiten evaluar la susceptibilidad térmica de los betunes (T-index). Al igual que ocurre con el L-index mayores valores indican una mayor susceptibilidad a la temperatura.

Por su parte, las mezclas bituminosas estudiadas fueron sometidas a los siguientes ensayos:

- **Densidad y contenido de huecos** (según UNE-EN 12697-5, UNE-EN 12697-6 y UNE-EN 12697-8). Con cada una de las mezclas objeto de estudio se fabricaron probetas tipo Marshall de 101.6 mm de diámetro compactadas con 75 golpes por cara en

el caso de las mezclas AC 22 y 50 golpes por cara en el de las mezclas BBTM 11B, a las que posteriormente se determinó su densidad aparente (UNE-EN 12697-6) utilizando el Procedimiento B Superficie saturada seca en las mezclas AC 22 y el y el Procedimiento D Geométrica en mezclas BBTM 11B. Asimismo, se determinó la densidad máxima de las mezclas fabricadas utilizando el picnómetro según el Procedimiento A Volumétrico (UNE-EN 12697-5). Con los datos de ambas densidades (aparente y máxima), se determinó el contenido de huecos de los materiales estudiados según la norma UNE-EN 12697-8.

- **Sensibilidad al agua** (según UNE-EN 12697-12) [3]. Adicionalmente, con cada una de las mezclas objeto de estudio se fabricaron 6 probetas de 101.6 mm de diámetro con compactador Marshall aplicando 50 golpes por cara, para la realización del ensayo de Sensibilidad al Agua. Para ello, las probetas se acondicionaron dividiéndolas en dos grupos de 3, uno seco y otro húmedo. El grupo seco, se almacenó a temperatura ambiente de laboratorio comprendida entre 20 ± 5 °C, mientras que el grupo húmedo se aplicó el vacío hasta obtener una presión de $6,7 \pm 0,3$ kPa durante 30 ± 5 minutos, y después, se dejó en condiciones de inmersión a 40°C durante 72 horas. Posteriormente se llevó a cabo la rotura a tracción indirecta de cada una de las probetas (tanto del grupo seco, como del grupo húmedo), a una temperatura de 15 °C, y tras una aclimatación previa de éstas durante 120 minutos a dicha temperatura. Los resultados del ensayo se expresan en función de la resistencia conservada de las probetas obtenidas tras dividir las resistencias de las probetas húmedas entre las de las secas (ITSR, %).

- **Ensayo de rigidez** (según UNE-EN 12697-26, anexo C) [4]. Asimismo, otras tres probetas tipo Marshall (de 101.6 mm de diámetro y compactadas a 50 golpes por cara) se fabricaron con cada una de las mezclas objeto de estudio para la realización del ensayo de rigidez a 20 °C. El ensayo consiste en la determinación del módulo de rigidez a partir de la aplicación de una serie de 15 pulsos de

carga controlada a tracción indirecta (en forma de medio seno), de 3 segundos de duración. Los 10 primeros pulsos se utilizan de acondicionamiento para permitir que el equipo se ajuste a la magnitud de la carga y a su duración, y los 5 siguientes pulsos sirven para determinar el módulo de rigidez de la mezcla, siendo éste la media obtenida de los 5 pulsos. Una vez determinado dicho valor, se giran las probetas y se determina el módulo del diámetro perpendicular, debiendo estar comprendido entre 80% y el 110% del primero, sino el ensayo se considera no válido. El valor final del módulo de rigidez de cada probeta se corresponde con la media obtenida de ambos diámetros, y el de la mezcla con la media obtenida de la rigidez de cada una de sus probetas.

- **Ensayo triaxial** (según UNE-EN 12697-25, Método B) [5]. Una vez realizado el estudio de rigidez, las 3 probetas de cada mezcla fueron empleadas para evaluar su resistencia a deformaciones plásticas a través del ensayo triaxial. Este método de ensayo consiste en la aplicación combinada a temperatura constante de 60 °C, de una carga de confinamiento (en torno a los 120 kPa) y otra axial cíclica sinusoidal desfasada en el origen de valor (en torno a los 300 kPa), bajo una frecuencia de 3 Hz durante 10.000 ciclos de carga. Los parámetros de fluencia (pendiente de la curva de deformación en el tramo de crecimiento estable del ensayo) y deformación permanente (deformación acumulada por la probeta tras los 10000 ciclos de carga) de cada mezcla vienen determinados como la media de los valores obtenidos para cada par de probetas ensayadas.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Estudio a nivel de ligantes

La respuesta reológica en base a la frecuencia y la temperatura (diagramas de Black) pone de manifiesto el efecto de los modificadores (PNFVU y aditivos) utilizados en el diseño de los betunes (Figuras 6 y 7). En ellas se puede observar cómo los ligantes modificados con

PNFVU presentan una menor rigidez (menor módulo complejo) y mayor elasticidad (menor ángulo de fase) que los ligantes convencionales, independientemente de la temperatura o frecuencia de ensayo. Asimismo, se ha demostrado cómo la incorporación de estos modificadores conlleva un cambio en la respuesta viscoelástica de los ligantes, ofreciendo un comportamiento termo-reológico complejo (en el que pueden obtenerse similares respuestas viscoelásticas bajo distintas condiciones de frecuencia y temperatura).

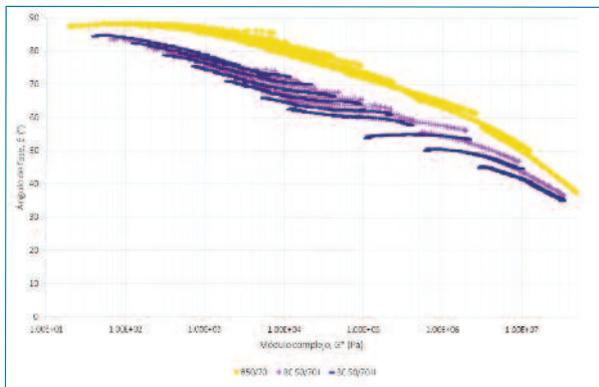


Figura 6. Diagramas de Black de los betunes BC para mezclas a baja temperatura desarrollados.

En comparación con un ligante modificado con SBS tradicional, los PMB C ofrecen un comportamiento bastante similar, no obstante, en función del aditivo empleado, este comportamiento puede verse alterado, especialmente a bajas temperaturas. En este sentido, se observó que el aditivo II es menos estable ante las variaciones térmicas, ofreciendo los betunes modificados con él, una mayor variación en la respuesta viscoelástica en función de la temperatura, como se observa en la figura 7.

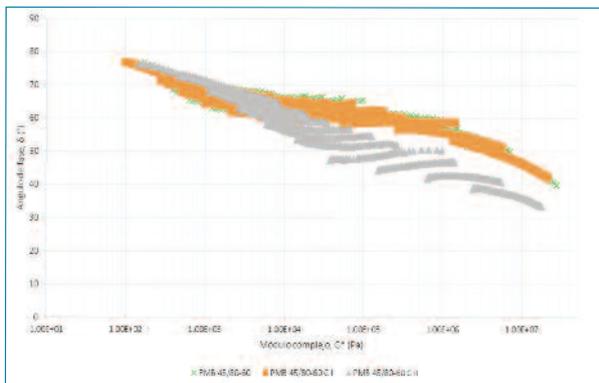


Figura 7. Diagramas de Black de los betunes PMB C para mezclas a baja temperatura desarrollados.

Por su parte, los resultados obtenidos en el ensayo MSCR (Figuras 8 y 9) muestran como la incorporación del PNFVU permite garantizar una mayor recuperación elástica en los ligantes, así como una menor susceptibilidad ante las cargas mecánicas. De esta forma, y a pesar de que a elevadas temperaturas (70 °C), no llegan a ofrecer una respuesta mecánica de tan alto grado como los ligantes modificados con SBS tradicionales (especialmente en los ligantes con el aditivo II), a temperaturas altas de servicio (45 °C) su resistencia ante cargas es del mismo orden de magnitud.

De todos estos resultados se obtienen los parámetros del índice de flujo (Flow Index, F) y la capacidad de Recuperación (Recovery Capacity, RC) y de la relación de estos últimos se calcula el L-index que es de gran utilidad para evaluar la durabilidad de las mezclas y T-index para evaluar la susceptibilidad térmica de los betunes, que muestran los valores recogidos en la Tabla 3

Tabla 3. Valores de L-Index y T-Index obtenidos a diferentes temperaturas para los ligantes estudiados.

	L-Index (45°C)	L-Index (70°C)	L-Index
B 50/70	4.301	-	36.35
BC 50/70 I	0.368	538.37	16.89
BC 50/70 II	0.542	3790.75	35.90
PMB 45/80-60	0.105	10.25	3.40
PMB 45/80-60 CI	0.159	43.33	7.78
PMB 45/80-60 CII	0.095	277.43	12.51

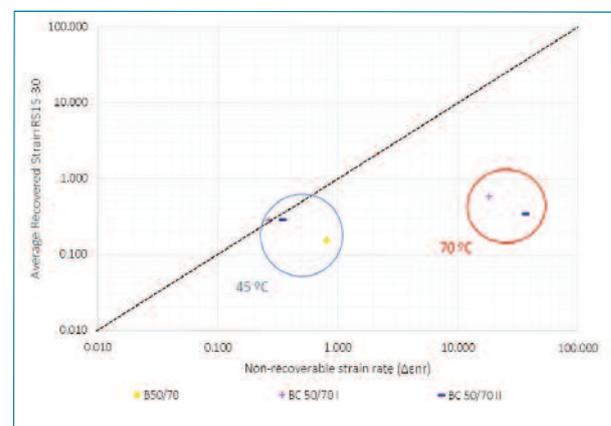


Figura 8. Resultados en ensayo MSCR de los ligantes BC.

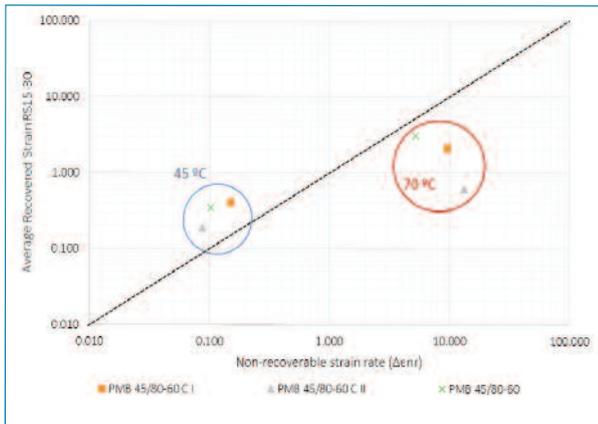


Figura 9. Resultados en el ensayo MSCR de los ligantes PMB C.

3.2. Estudio a nivel de mezcla bituminosa

Los resultados obtenidos a nivel de mezclas demuestran que las características de éstas (densidad y contenido de huecos) no se ven afectadas para la misma energía de compactación, independientemente del contenido de caucho utilizado ni de la temperatura de fabricación de las mezclas (Figuras 10 y 11). Este hecho pone de manifiesto la trabajabilidad de los betunes BT para mezclas MASAI desarrollados al amparo de esta investigación.

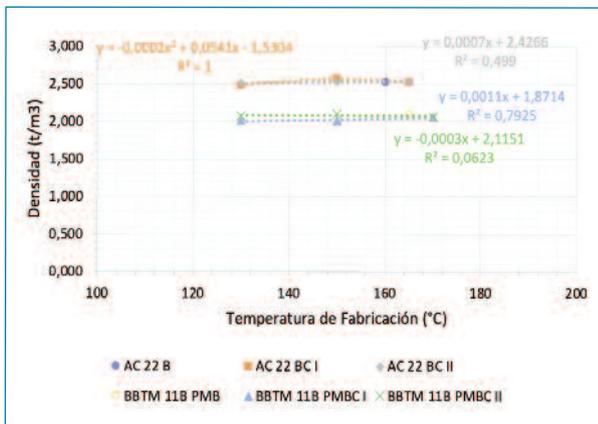


Fig.10 Variación de la densidad de las mezclas con la temperatura de fabricación de las mezclas con cada ligante

De la misma forma, en términos de deformaciones plásticas, y a pesar de reducir la temperatura de fabricación de las mezclas en unos 30 °C, las mezclas AC 22 fabricadas con los betunes BT con PNFVU no ven afectada su resistencia mecánica (Figura 12). En el caso de las

mezclas BBTM 11B se observa que, para temperaturas de fabricación inferiores a 140 °C, la resistencia a deformación de las mezclas estudiadas empieza a verse considerablemente afectada, situándose por encima del 3%.

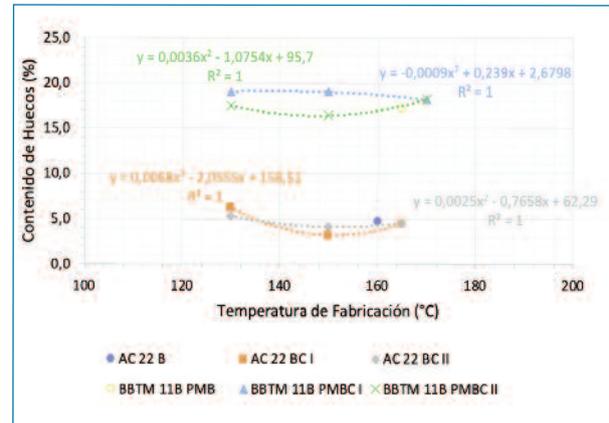


Fig.11 Variación del contenido de huecos de las mezclas a cada temperatura de fabricación de las mezclas con cada ligante

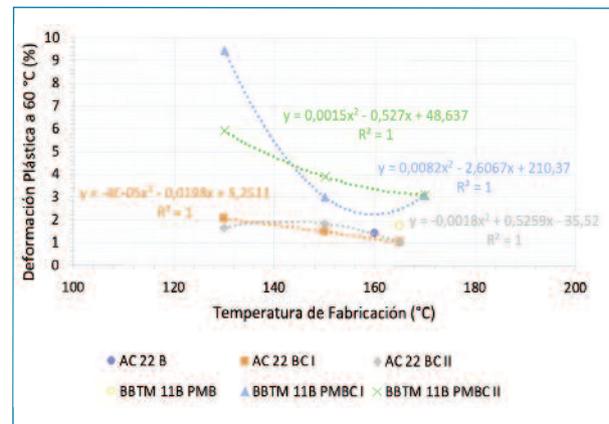


Fig.12 Valores medios de deformaciones permanentes a 60°C de las mezclas a distintas temperaturas de fabricación

Las mezclas fabricadas con los betunes BT con PNFVU ofrecen una menor rigidez que las mezclas de referencia independientemente a la temperatura de fabricación utilizada (Figura 13). No obstante, esta rigidez se muestra más o menos estable hasta temperaturas del entorno de los 140 C, a partir de los cuales ésta empieza a verse más afectada.

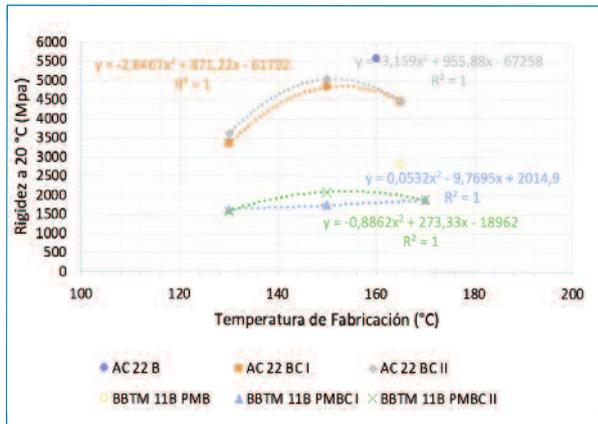


Fig.13 Valores medios de la rigidez a 20°C de las mezclas a distintas temperaturas de fabricación

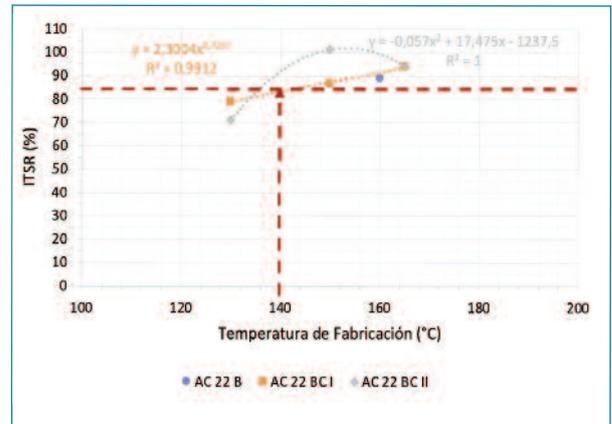


Fig.15 Valores medios de resistencia conservada de las mezclas AC22 a distintas temperaturas de fabricación

Al igual que ocurriera en términos de rigidez, la resistencia a tracción indirecta de las mezclas fabricadas con los betunes BT con PNFVU es ligeramente inferior a la de los betunes de referencia (Figura 14), viéndose afectada de forma lineal con la temperatura (a menor temperatura de fabricación, menor resistencia a tracción indirecta).

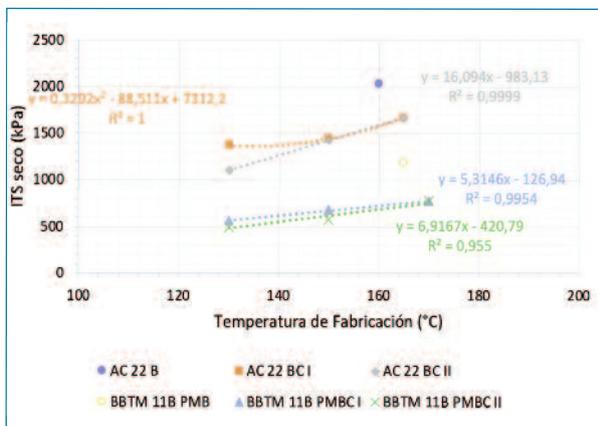


Fig.14 Valores medios de la resistencia a tracción indirecta de las mezclas a distintas temperaturas de fabricación

En términos de resistencia conservada, los valores se mantienen adecuados hasta temperaturas del entorno de los 140° C tanto para las mezclas AC22 (Figura 15) como para las mezclas BBTM 11B (Figura 16)

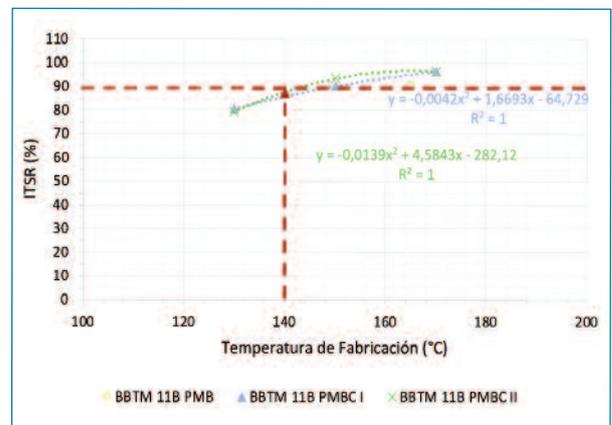


Fig.16 Valores medios de resistencia conservada de las mezclas BBTM 11B a distintas temperaturas de fabricación

4. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos puede decirse que se ha desarrollado una gama de betunes mejorados y modificados con caucho, adecuados para fabricar mezclas MASAI a temperaturas iguales o inferiores a 140 °C.

Otras conclusiones que podemos extraer del trabajo realizado, en el que se han evaluado más de 58 mezclas asfálticas, son las siguientes:

- Los contenidos de huecos y densidad pueden no ser los parámetros de control adecuados en la evaluación de la mezcla: se han obtenido rigideces y resistencias mucho menores, a temperaturas bajas, donde se habían alcanzado, sin embargo, densidades y huecos similares.

- La resistencia conservada en sensibilidad al agua, igualmente, puede no ser un parámetro óptimo por sí sólo. Hemos comprobado que, en algunos casos, una mezcla podía tener mayores resistencias a tracción indirecta tanto en seco como en húmedo que otra y, sin embargo, presentar ratios ITSR menores.

- El estudio reológico de los ligantes muestra que la incorporación del PNFVU y de los aditivos BT conlleva un cambio en la respuesta viscoelástica de los ligantes y que los nuevos parámetros L-index y T-index son de gran utilidad para evaluar la durabilidad y la susceptibilidad térmica de los betunes, siendo mejores los resultados obtenidos para los betunes caucho con el aditivo tipo I (tensoactivos).

- Las mezclas a baja temperatura, como en general cualquier otra, requiere un diseño específico considerando la temperatura de trabajo a la que se vaya a fabricar y compactar, de manera que se puedan optimizar sus prestaciones en base a los contenidos de ligante y encaje granulométrico que ofrezca los mejores resultados. Por tanto, pueden ser necesarios, y beneficiosos, ajustes en ambos (contenido de ligante y granulometría), con respecto a las mezclas convencionales de referencia, para asegurar el mejor desempeño posible ya que se trata de mezclas con una casuística diferente.

Seguiremos trabajando en la mejora de las prestaciones mecánicas de estos ligantes y mezclas, a través de la incorporación de nuevos modificadores sostenibles y métodos de ensayos más avanzados que nos permitan garantizar materiales asfálticos óptimos para la próxima generación de carreteras.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] EN 16659:2015 Bitumen and Bituminous Binders - Multiple Stress Creep and Recovery Test (MSCRT)
- [2] Fernando Moreno-Navarro, Raúl Tauste, Miguel Sol-Sánchez & M^a Carmen Rubio-Gámez (2019) New approach for characterising the performance of asphalt binders through the multiple stress creep and recovery test, *Road Materials and Pavement Design*, 20:sup1, S500-S520, DOI: 10.1080/14680629.2019.1595094
- [3] EN 12697-12:2018. Bituminous mixtures - Test methods - Part 12: Determination of the water sensitivity of bituminous specimens 1.
- [4] EN 12697-26:2018 annex C. Bituminous mixtures - Test methods - Part 26: Stiffness
- [5] EN 12697-25:2016, Method B. Bituminous mixtures - Test methods - Part 25: Cyclic compression test Triaxial cyclic compression test.



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

NLT-362/92

Efecto del agua sobre la cohesión de mezclas bituminosas de granulometría abierta, mediante el ensayo cántabro de pérdida por desgaste

Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

1. OBJETO Y PRINCIPIO DEL ENSAYO

Ensayo para la determinación de la pérdida de cohesión que se produce por la acción del agua sobre las mezclas bituminosas compactadas de granulometría abierta. Se aplica a mezclas fabricadas en frío o en caliente, con ligantes modificados o sin modificar, con tamaño máximo del árido de 25 milímetros.

2. MÉTODO OPERATIVO

La norma describe el proceso de preparación de los materiales, fabricación de la mezcla y compactación de las probetas, estableciendo diferencias para las mezclas fabricadas en caliente y mezclas en frío para su fabricación y posterior curado. En ambos los casos se fabrican las probetas de la mezcla en estudio con el equipo Marshall (ahora denominado de impacto, (UNE-EN 12697-30) aplicando la energía requerida para las mezclas abiertas de 50 golpes por cada cara.

Se calcula su densidad siguiendo el procedimiento de cálculo geométrico del volumen para determinar el contenido de huecos en las mismas según lo especificado en la norma NLT-168: Densidad y huecos en mezclas bituminosas compactadas (ahora con las normas europeas UNE-EN 12697-6 para la determinación de la densidad y la UNE-EN 12697-8 para el cálculo de los huecos) y se separan en 2 series para su acondiciona-

miento en aire o en inmersión en agua y se determina su masa

Una de las series, se mantiene en aire en una estufa o en un recinto a 25 ± 1 °C durante al menos 24 horas y la otra serie de probetas se sumerge en un baño de agua durante 24 horas a una temperatura 60 ± 1 °C para las mezclas en caliente y 49 ± 1 °C para las mezclas en frío. Posteriormente se introducen en una estufa o recinto a 25 ± 1 °C durante 24 horas con ventilación forzada y se determina su masa.



El ensayo de las probetas se realiza introduciendo cada una de las probetas en la máquina de Los Ángeles y aplicando 300 vueltas para las probetas de mezclas en caliente y 200 vueltas para las probetas de mezclas en frío. Al finalizar se limpia cada probeta y se calcula su pérdida.

$$\% \text{ Pérdida (\% p)} = \frac{p_1 - p_2}{p_1}$$

NLT-362/92 Efecto del agua sobre la cohesión de mezclas bituminosas de granulometría abierta, mediante el ensayo cántabro de pérdida por desgaste

p = Valor pérdida por desgaste, en %

p_1 = Masa inicial de la probeta, en 0,1 g.

p_2 = Masa final de la probeta, en 0,1 g

El promedio de las pérdidas en seco se registra como P_A y pérdida tras inmersión como P_S . El resultado se expresa como el índice de aumento de pérdidas:

$$\text{Índice de aumento de pérdidas, \%} = \frac{P_S}{P_A} \times 100$$

El resultado obtenido es un índice expresado en porcentaje y redondeado al 1% de la pérdida de masa de una serie de probetas mantenidas en aire y otra serie sometidas a la acción del agua.

3. EQUIPAMIENTO

Para la realización de este ensayo no se requiere un equipamiento costoso, siendo el principal equipo la máquina de Los Ángeles, que es la utilizada para realizar el ensayo de LA (Desgaste de Los Ángeles) para los áridos y que viene descrita en la norma NLT.-149: Resistencia al desgaste de los áridos por medio de la máquina de Los Ángeles (UNE-EN 1097-2 Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación). Para este ensayo no es preciso la utilización de la carga abrasiva.

Se requieren otros equipos como estufas, varias aberturas de tamices, balanza, baños termostáticos y un recinto apto para mantener la temperatura especificada con precisión de $\pm 1^\circ\text{C}$.

Para el ensayo de mezclas en frío es necesaria la utilización de unas mallas de plástico para evitar el desmoronamiento durante el proceso de curado de la emulsión.



4. PUNTOS CRÍTICOS

Este procedimiento del ensayo de desgaste tras inmersión no ha sido recogido en la normativa europea, por lo que debe realizarse siguiendo las instrucciones de la norma española NLT-362.

El procedimiento para el curado de las probetas de mezclas bituminosas en frío recogido en la monografía de ATEB sobre las "Mezclas Abiertas en Frío" tiene algunas diferencias en cuanto a las condiciones fijadas en esta norma de ensayo.

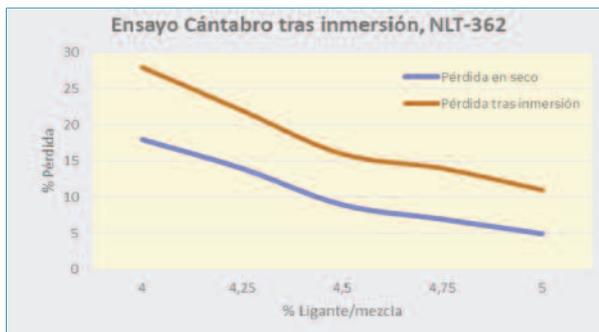
En el PG3, en su Artículo 543 de mezclas BBTM-B o PA no aparecen valores de especificación en la actualidad para este ensayo.

5. COMENTARIOS

Es un procedimiento sencillo que aporta una información importante sobre la cohesión de las mezclas bituminosas abiertas tras realizar un proceso de acondicionamiento en agua, que permite valorar tanto las propiedades de adhesividad como la cohesión en las mezclas bituminosas abiertas.

El ensayo de medida de la cohesión de las probetas de mezclas bituminosas abiertas viene recogido en la normativa europea en la norma UNE-EN 12697-17 Pér-

didada de partículas de las probetas de mezclas drenantes (ensayo cántabro: NLT-352), pero no recoge la metodología descrita en la norma NLT-362 para evaluar la pérdida de cohesión con el condicionamiento de una de las series en agua.



En el diseño en laboratorio de las mezclas se pueden realizar tanteos con diferentes contenidos de ligante y valorar los porcentajes adecuados para el cumplimiento de los valores requeridos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- NLT.-149. Resistencia al desgaste de los áridos por medio de la máquina de Los Ángeles.
- NLT-168. Densidad y huecos en mezclas bituminosas compactadas.
- UNE-EN 1097-2. Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
- UNE-EN 12697-6. Para la determinación de la densidad.
- UNE-EN 12697-8. Cálculo de los huecos.
- UNE-EN 12697-17. Pérdida de partículas de las probetas de mezclas drenantes.
- UNE-EN 12697-30. Compactación de probetas con el equipo de impactos.

El ensayo de pérdida por desgaste tras inmersión que aparece descrito en la norma NLT-362 para mezclas bituminosas abiertas fabricadas en caliente y en frío describe un procedimiento rápido y sencillo para evaluar la cohesión de los materiales y adhesividad de los áridos con el ligante tras someterlos a un proceso de inmersión en agua.

#71

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

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

#SOSTENIBILIDAD - MEDIO AMBIENTE

www.itafec.com

Los tiempos están cambiando
Entra en la web y regístrate

Entra en la web y regístrate

Ya somos más de 5.000 usuarios registrados de itafec

¿Quieres ser **Produmer**?

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

Descubre los cambios de la web muy pronto en itafec



EVENTOS

RECURSOS

AUTORES

NOTICIAS

SOBRE NOSOTROS

FAQ



Motor de transformación
digital del sector

Motor de transformación digital

Podemos hacer crecer tu presencia en el mundo digital

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 25 de noviembre de 2022 hasta el 27 de febrero de 2023.

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

NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE-EN 12847 (Publicada enero 2023).** Betunes y ligante bituminosos. Determinación de la tendencia a la sedimentación de las emulsiones bituminosas.
- **UNE-EN 12850 (Publicada enero 2023).** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del pH de las emulsiones bituminosas.
- **UNE-EN 17643 (Publicada enero 2023).** Betunes y ligante bituminosos. Determinación de la temperatura del módulo de corte equidistante utilizando un reómetro de corte dinámico (DSR). Ensayos BTSV

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE- prEN 12595 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad cinemática
- **PNE- prEN 12596 (Última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica por viscosímetro capilar al vacío
- **PNE-EN 12846-1 (Última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 1: Emulsiones bituminosas.
- **PNE-EN 12846-2 (Última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligante bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 2: Betunes fluidificados y fluxados.
- **PNE- prEN 14769 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Acondicionamiento pro envejecimiento a largo plazo acelerado usando un recipiente de envejecimiento a presión (PAV)
- **PNE- prEN 14770 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase usando un reómetro de corte dinámico (Dynamic Shear Rheometer (DSR))
- **PNE- prEN 14771 (Última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia a la flexión. Reómetro de flexión (BBR)
- **PNE- prEN 16346 (Última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento de rotura y adhesividad inmediata de emulsiones bituminosas catiónicas.

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

NORMATIVA PUBLICADA

- **UNE-EN 12697-15 (Publicada diciembre 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 15: Determinación de la sensibilidad a la segregación
- **UNE-EN 12697-36 (Publicada enero 2023).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 36: Determinación del espesor de pavimentos bituminosos
- **UNE-EN 12697-37 (Publicada enero 2023).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 37: Ensayo de arena caliente para determinar la adhesividad del ligante sobre la gravilla preenvuelta para HRA
- **UNE-EN 12697-48 (Publicada diciembre 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 48: Adherencia entre capas
- **UNE-EN 12697-49 (Publicada diciembre 2022).** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 49: Determinación del rozamiento tras el pulido
- **UNE 41210 (Publicada diciembre 2022).** Métodos de ensayo para mezclas bituminosas. Resistencia estructural y a la fisuración por fatiga con UGR-FACT
- **UNE 41215 (Publicada diciembre 2022).** Determinación de la sensibilidad al agua de mezclas bituminosas recicladas en frío con emulsión bituminosa

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 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-prEN 12272-1 (última publicación año 2002). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR**
Tratamientos superficiales. Métodos de ensayo. Parte 1: Índice y regularidad de la dispersión del ligante y de las gravillas
- **PNE-prEN 12272-3 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR**
Tratamientos superficiales. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación de la adhesión entre ligante y árido por el método de ensayo de choque de la placa Vialit.
- **PNE-prEN 12697-4 (última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Recuperación de betún: Columna de fraccionamiento
- **PNE-EN 12697-26 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-EN 12697-33 (última publicación año 2019). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa
- **PNE-EN 12697-41 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 41: Resistencia a los fluidos de deshielo
- **PNE-prEN 12697-43 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 43: Resistencia a los combustibles.
- **PNE-prEN 12697-47 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 47: Determinación del contenido de cenizas de los asfaltos naturales

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-EN 12697-54 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-EN 13036-5 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo
- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-EN 13108-31 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- **PNE-prEN 13880-3 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 3: Métodos de ensayo para la determinación de la penetración y la recuperación (resiliencia)
- **PNE-prEN 13880-4 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 4: Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia al calor. Variación de la penetración
- **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-EN 932-3 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada
- **PNE-prEN 933-1 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método de tamizado

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146/SC3)

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

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

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Dentro del listado del Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1 de ligantes bituminosos, se han publicado dos normas para emulsiones correspondientes a sedimentación y pH y una norma de caracterización de betunes para la determinación del módulo de corte BTSV.

Los movimientos que se han producido dentro del Comité Técnico AEN/CTN 41/SC2 de Mezclas Bituminosas han sido los siguientes:

- Publicación de las siguientes Normas EN 12697-15, 36, 37, 48 y 49
- Aprobación de dos nuevas normas como son la determinación de la resistencia estructural y fisuración según el método UGR-FACT, y la norma para la determinación de la sensibilidad al agua para mezclas de reciclado en frío con emulsión.

ORDEN CIRCULAR OC 3/2022 Sobre mezclas bituminosas AUTL para capas de rodadura

Con la premisa de durabilidad y sostenibilidad en la gestión de las infraestructuras, así como la necesidad de disponer de unas vías con elevadas características en cuanto a seguridad y confortabilidad del conjunto de los activos de la carretera, con especial atención a los pavimentos asfálticos, en diciembre de 2022 se publicó la Orden Circular 3 sobre mezclas bituminosas AUTL para capas de rodadura, recogidas en la norma UNE EN 13108-9, que se pueden extender en espesores de 1 a 2 cm.

Las AUTL son mezclas bituminosas que se fabrican en caliente o semicaliente que se extienden sobre un riego de adherencia. En esta Orden Circular se incluyen tres tipologías de mezclas las AUTL 5 y 8 para cualquier tipo de categoría de tráfico pesado y la AUTL 11 que puede ser extendida en categorías de tráfico T2 a T4.

Presentan como características que son mezclas discontinuas, con una textura superficial abierta que garantiza un buen comportamiento superficial en cuanto a la adherencia neumático-pavimento y baja emisión acústica.

Los materiales a utilizar deben ser de elevada calidad con áridos limpios, bien clasificados, con una buena dureza y resistencia al desgaste, así como características de textura.

En cuanto a los ligantes deben ser exigentes con el objetivo de proporcionar una mayor durabilidad y adhesividad árido-ligante.

Por otro lado, se admite la posibilidad de fabricar mezclas semicalientes y en el caso de emplear aditivos para conseguir reducir las temperaturas, será necesario la comprobación de las características de las mezclas según las investigaciones basadas en las normas UNE EN

12697.

Al ser mezclas aplicadas en capas muy delgadas, es esencial la aplicación de un buen riego de adherencia sobre una superficie en la que previamente se le habrá realizado un buen barrido y soplado y/o aspirado.

Para tráfico T00 a T1, posteriormente al riego de adherencia y una vez curado, se extenderá una lechada de cal cumpliendo con lo descrito en la Nota Técnica 01/2020. Se comprobará especialmente que transcurrido el plazo de rotura del ligante de los tratamientos aplicados, que no quedan restos de agua en la superficie, además si ha pasado mucho tiempo desde su aplicación, se deberá comprobar su capacidad de unión con la mezcla bituminosa y en caso de perder esta capacidad, el Director de la Obra podrá ordenar la aplicación de un riego adicional.

Para categorías de tráfico T00 a T31, la extendedora deberá estar provista de elementos que permita garantizar la homogeneización granulométrica, la uniformidad térmica y las características superficiales.

Para la determinación de las características de las mezclas; como contenido de huecos, sensibilidad al agua y pérdida de partículas, se prepararán probetas compactadas por impacto aplicando 25 golpes por cara para una cantidad de muestra de 700 + 35 gramos, consiguiendo con ello espesores de 35-45 mm. También se determinará el escurrimiento de ligante según la norma UNE EN 12697-18, que deberá ser inferior al tres por mil.

Cuando la mezcla vaya a ser empleada en túneles se deberá declarar que se supera satisfactoriamente los requisitos de inflamabilidad según el ensayo de la norma UNE EN 11925-2 "Reacción al fuego de materiales de

Secciones fijas

construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única” y deberá cumplir el criterio de $F_s < 150$ mm en 20 segundos.

Previamente al extendido de una mezcla AUTL se comprobará la regularidad superficial, realizando las operaciones requeridas para eliminar excesos de ligante, sellado de las zonas que sean permeables, así como la rehabilitación de zonas heterogéneas. Además, se eliminarán las marcas longitudinales y la señalización horizontal.

Destacar las limitaciones de la ejecución cuando la temperatura ambiente sea inferior a 8°C, con viento intenso, después de heladas y especialmente en tableros

de puente, cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas o cuando la temperatura del soporte sea inferior a 5 °C.

Existirá un registro de los controles de temperatura de la mezcla en el momento de la fabricación, llegada a la obra, extensión y compactación

#89

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

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

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

Criterios a tener en cuenta para el diseño de una planta ubicada en un entorno urbano

Javier Loma Lozano

Director de Tecnología y Desarrollo en Padecasa

Jesús María González

Delegado de Madrid en Padecasa

1. INTRODUCCIÓN

La planta de fabricación de mezclas bituminosas en caliente puede definirse como un conjunto de elementos capaces de dosificar, calentar y mezclar de forma simultánea varios materiales: un ligante hidrocarbonado, áridos, material reutilizado RA, polvos minerales y eventualmente aditivos) para obtener un producto final que cumpla los requisitos definidos.

Desde su aparición en Norteamérica, instalación en España (mediados del siglo XX) hasta nuestras fechas, han ido evolucionando incorporando diferentes sistemas y dispositivos tecnológicos para adaptar nuevas tecnologías.

En este artículo se ponen de manifiesto varios aspectos con especial relevancia para la selección y el diseño de una instalación de fabricación de mezclas bituminosas en caliente para el desarrollo de esta actividad en un entorno urbano, teniendo en cuenta todos los criterios productivos como puede ser el incremento de almacenamiento de diferentes tipos de mezclas para atender a varios clientes pero también los aspectos asociados a las exigencias actuales para la disminución de las emisiones asociadas a la fabricación de las mezclas.

2. CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE LAS PLANTAS

Todas las plantas de fabricación de mezclas bituminosas en caliente tienen elementos comunes necesarios para efectuar las operaciones de dosificación, calentamiento de los materiales y procesos de mezclado:

tolvas de alimentación en frío, quemador, sistemas de pesaje o dosificación y mezclador. Todos estos dispositivos vienen diseñados para una forma de trabajo de la instalación (modo continuo o discontinuo) y su capacidad productiva teórica.

Para su elección, en todos los casos conviene realizar estudios y planificación de los trabajos, que permitan seleccionar el modo de funcionamiento y la capacidad de producción adecuada. También instalar otros dispositivos como son silos de almacenamiento o sistemas de incorporación de aditivos. La ubicación de la instalación con buen acceso a las principales vías de comunicación de la ciudad y en zonas próximas a las canteras de áridos que facilite el suministro y permita reducir el coste de producción.



3. CRITERIOS MÁS RELEVANTES PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA URBANA Y PRINCIPALES DIFERENCIAS CON PLANTAS ESTÁNDAR

El trabajo en grandes ciudades requiere un modelo industrial específico. Las características de una instala-

Crterios a tener en cuenta para el diseño de una planta ubicada en un entorno urbano

ción de fabricación de mezclas para atender un mercado con diferente tipología de clientes y necesidades exigen diseñar un modelo diferente para la instalación que deben incluir las tecnologías digitales que ayuden a planificar los trabajos y toda la gestión de la producción.

La planta debe estar capacitada para fabricar con garantías varios tipos de mezclas con diferente composición y tecnologías que son demandados por los clientes. Es habitual fabricar varios tipos de mezclas en una jornada de trabajo combinando mezclas para bases y/o rodaduras con las familias de AC con BBTM o SMA, cada una con diferente tipo de composición y simultaneando el cambio de material durante el proceso productivo. El diseño de la instalación con varias líneas de almacenamiento de áridos en caliente con elevada capacidad facilitará la versatilidad de fabricar estos productos sin necesidad de realizar continuas paradas y/o limpieza de la línea de alimentación de los áridos. Debido a los cambios frecuentes de tipos de mezclas y componentes no es recomendable utilizar plantas que trabajen en modo continuo que no pueda controlar las variaciones en las granulometrías de los áridos (generalmente de varias procedencias) junto con los comienzos y finales con cada tipo de mezcla.

Debe contar con un terreno con suficiente superficie para poder realizar el acopio de los áridos en número de fracciones, capacidad y naturalezas, así como el tratamiento adecuado para el material fresado. El incremento en la composición de las mezclas bituminosas del porcentaje de material recuperado hace necesario que tenga un tratamiento especial en la planta, desde la trazabilidad de obras donde se ha extraído y su composición, la posterior clasificación por fracciones y tipo (naturaleza del árido) y su posterior almacenamiento en acopios separados y cubiertos, evitando la contaminación y el incremento de humedad.

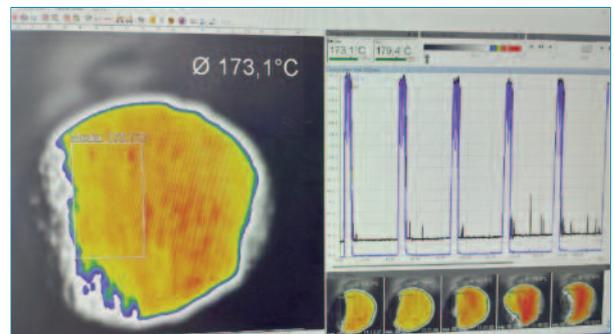
Introducir RA en tasas medias y altas requiere la incorporación de dispositivos específicos para preparar y dosificar este material con garantías. Hay varios tipos de sistemas de incorporación de fresado: a la salida del quemador regulado por caudal para porcentajes reducidos, o sistemas de alimentación del RA a temperatura ambiente al mezclador previo pesaje en bascula independiente hasta porcentajes cercanos al 30 % o con



equipos para calentamiento del material para tasas más elevadas (doble tambor).

Para los betunes el parque de ligantes debe contar con varios depósitos de elevada capacidad que permita tener autonomía de varias jornadas de trabajo y posibilidad de almacenar diferentes tipos de ligante. Los tanques con diseño vertical con sistemas de calefacción eléctricos facilitan su ubicación en la instalación y permiten incrementar su capacidad total.

Utilizar tecnologías de fabricación de mezclas a menor temperatura que permitan reducir la emisión de gases y los consumos energéticos mediante la incorporación de aditivos o utilización de espumadores de betún.



La ubicación en zonas cercanas a una ciudad exige una mayor sensibilización por los aspectos medioambientales y sociales. Se debe dotar de los equipos necesarios para garantizar el cumplimiento de la normativa local respecto a los ruidos, emisión de partículas y gases a la atmosfera pero también lo relativo a la limpieza y el cuidado en el entorno de la planta. Es conveniente dotar a la instalación de los recursos necesarios para medir en forma continua las emisiones de partículas a la atmosfera o los gases de combustión, garantizando el trabajo en una industria limpia y verde.

Criterios a tener en cuenta para el diseño de una planta ubicada en un entorno urbano

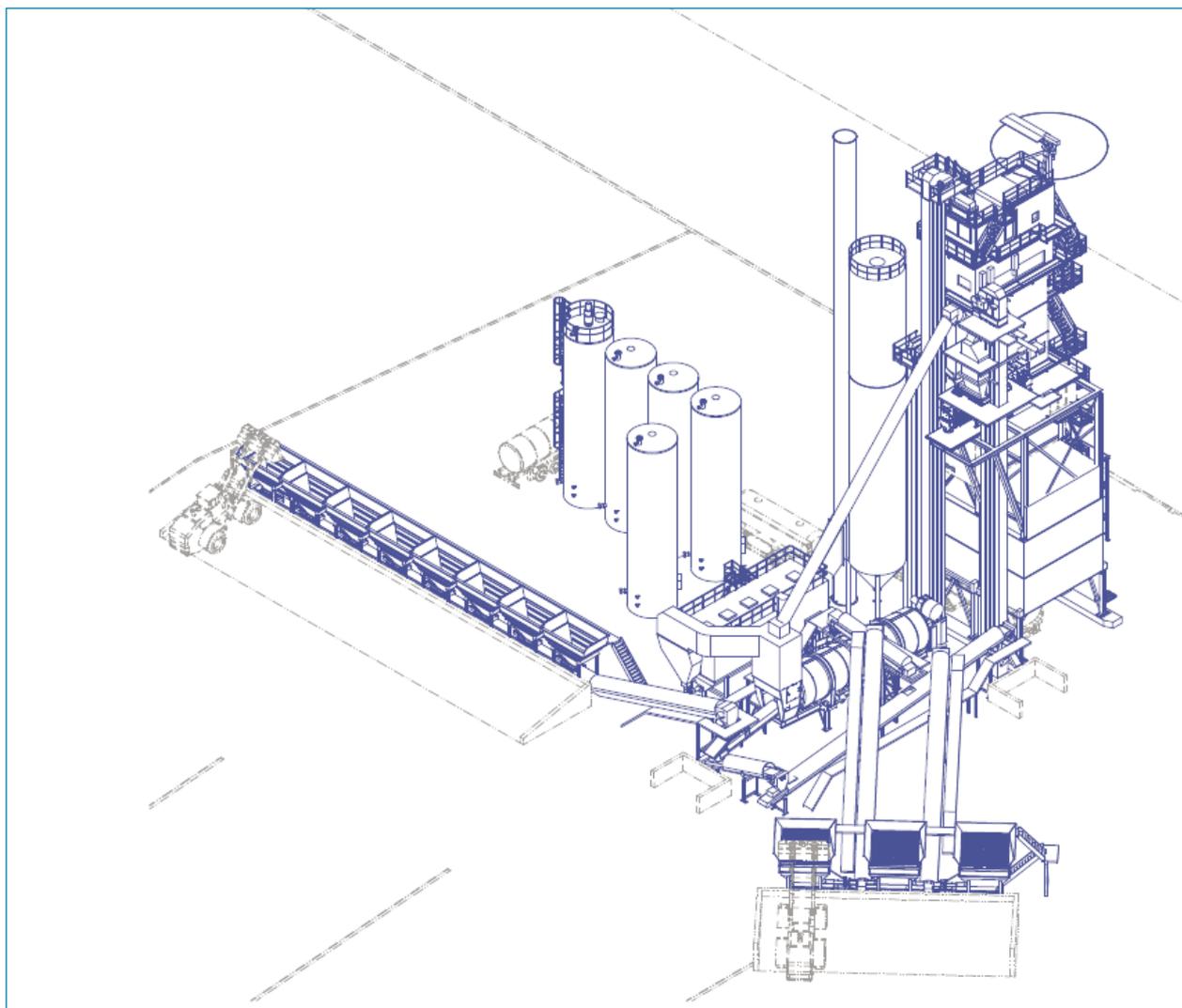
4. CONCLUSIONES

La instalación de una planta asfáltica en un entorno urbano requiere un estudio específico de las necesidades y requisitos a cumplir que deben ser tenidos en cuenta en la fase de selección, diseño y la ubicación, realizando estudios reales de las futuras necesidades en cuanto a la determinación del número y la tipología de materiales a manejar, producciones estimadas o la posibilidad de alternar con diferente tecnología de fabricación (temperatura o reciclados).

Se debe tener en cuenta la versatilidad de la instalación para dar servicio a una variedad de clientes y tipología de materiales.

Debe incluir dispositivos que permitan utilizar la mayor parte de tecnologías disponibles de fabricación, pero además deben ser tenidos en cuenta otros factores sociales y económicos que cobran especial importancia en los últimos años, como son los aspectos energéticos y medioambientales y la reutilización del material recuperado como importante aportación para toda la sociedad.

Utilizar varias tecnologías digitales con la sensorización de los equipos para el control de los procesos y comunicación con los diferentes departamentos de la empresa que permita conocer a tiempo real el funcionamiento de la instalación y garantizar la calidad de los trabajos que se están realizando en su interior.



Como muestra del estudio teniendo en cuenta todos los criterios señalados en este artículo, es un modelo de planta diseñado para un trabajo urbano que va a ser instalada en Madrid por Asfaltos de Madrid S.L., que se muestra en la imagen siguiente.

HA NACIDO NOVAFIR

Nueva publicación
sobre firmes y pavimentos

NOVAFIR/1 INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

Edición David Hernando
Manuel G. Romana y Miguel A. del Val

- 2012
- EXPLANADAS
 - MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE
 - MEZCLAS BITUMINOSAS CON POLVO DE CAUCHO PROCEDENTE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO
 - MEZCLAS BITUMINOSAS FABRICADAS A BAJA TEMPERATURA
 - PAVIMENTOS DE HORMIGÓN
 - FIRMES ESPECIALES
 - PUERTA EN OBRA
 - AUSCULTACIÓN
 - RECICLADO



Novafir es una nueva serie de volúmenes recopilatorios de artículos científicos, estados del arte, artículos de divulgación y casos prácticos aplicados tanto a explanadas como a pavimentos bituminosos y de hormigón.

YA A LA VENTA EL PRIMER NÚMERO - www.cinter.es

Una edición de David Hernando, con Manuel G. Romana y Miguel Ángel del Val como editores adjuntos.

NOVAFIR

Nace con una nueva serie de volúmenes recopilatorios de artículos sobre firmes y pavimentos que recogen aspectos novedosos sobre los materiales, los deterioros, el dimensionamiento, la fabricación, la conservación y la tecnología de pavimentación, y de artículos que, a pesar de no desarrollar aspectos novedosos, llevan a cabo un análisis de la información existente que sirve como base para avanzar en el conocimiento.

EL NÚMERO UNO

Este primer volumen incluye 19 artículos clasificados en 9 capítulos: explanadas, mezclas bituminosas en caliente, mezclas bituminosas con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso, mezclas bituminosas fabricadas a baja temperatura, pavimentos de hormigón, firmes especiales, puesta en obra, auscultación y reciclado de firmes.



Editado por CINTER
con la colaboración de ASEFMA



Figura 1. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 2. Estado de la explanada en construcción y después de la recepción definitiva en condiciones normales.

Figura 3. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 4. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 5. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 6. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 7. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 8. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 9. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 10. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 11. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 12. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 13. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 14. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 15. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 16. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 17. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 18. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 19. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 20. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 21. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 22. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 23. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 24. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 25. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 26. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 27. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 28. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 29. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 30. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 31. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 32. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 33. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 34. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 35. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 36. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 37. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 38. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 39. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 40. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 41. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 42. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 43. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 44. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 45. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 46. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 47. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 48. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 49. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 50. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 51. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 52. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 53. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 54. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 55. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 56. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 57. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 58. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 59. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 60. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 61. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 62. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 63. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 64. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 65. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 66. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 67. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 68. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 69. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 70. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 71. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 72. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 73. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 74. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 75. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 76. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 77. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 78. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 79. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 80. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 81. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 82. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 83. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 84. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 85. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 86. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 87. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 88. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 89. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 90. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 91. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 92. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 93. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 94. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 95. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 96. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 97. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 98. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 99. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Figura 100. Descripción y construcción de una explanada con hormigón hidráulico.

Nuestra Experiencia con el ensayo Fénix

Marisol Barral,
mbarral@campezo.com

Javier Loma,
javierloma@padecasa.com

En los últimos años, los importantes avances realizados en la tecnología de la maquinaria de fabricación de mezclas bituminosas y pavimentación, los resultados obtenidos en la investigación para la mejora de los materiales a nivel técnico y medio ambiental, así como la aparición de nuevos productos, permiten obtener pavimentos bituminosos con prestaciones mejoradas y adaptadas a los requisitos de cada obra. Así mismo, la aparición de la normativa europea de mezclas bituminosas con la serie de normas EN 13108 y los ensayos correspondientes según la serie de normas EN 12697, introduce la posibilidad de fabricar, comercializar y caracterizar infinidad de tipos de mezclas con distintas granulometrías, ligantes y en consecuencia, diferentes propiedades.

Por ello, es necesario avanzar desarrollando nuevas metodologías de ensayo que permitan estudiar otras características de las mezclas bituminosas, más allá de los ensayos establecidos actualmente en la normativa vigente, que aunque éstos no dejan de ser necesarios e importantes requieren complementarse con otros que nos permitan medir otros mecanismos de deterioro del firme que actualmente se están dando en nuestras carreteras como es el caso de la fisuración.

Aunque existen varios ensayos para medir la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas, en esta comunicación vamos a tratar el ensayo Fénix recientemente publicado en la norma NLT-383/20 dado que se trata, como veremos a lo largo de la comunicación, de un ensayo sencillo y accesible para todos los laboratorios ya que no requiere de mucha inversión.

En definitiva, en esta comunicación vamos a contar la experiencia de Campezo y Padecasa con el ensayo Fénix desde su puesta a punto, y basada en la experiencia adquirida durante la realización de un interlaboratorio liderado por la UPC, concretamente por los profesores Félix Pérez y Rodrigo Miró.

Palabras Clave: Ensayo Fénix; mezclas bituminosas; fisuración; tenacidad.

In recent years, the important advances made in the technology of machinery for the manufacture of bituminous mixtures and paving, the results obtained in research for the improvement of materials at a technical and environmental level, as well as the appearance of new products, make it possible to obtain bituminous pavements with improved performance and adapted to the requirements of each work. Likewise, the appearance of European standards for bituminous mixtures with the EN 13108 series of standards and the corresponding tests according to the EN 12697 series of standards, introduces the possibility of manufacturing, marketing and characterizing an infinite number of types of mixtures with different granulometries, binders and, consequently, different properties.

For this reason, it is necessary to develop new test methodologies which allow other characteristics of bituminous mixes to be studied, beyond the tests currently established in the current standards, which, although necessary and important, need to be complemented with others which allow other mechanisms of deterioration of the road surface to be measured, such as cracking.

Although there are several tests to measure the cracking resistance of bituminous mixes, in this paper we are going to deal with the Fénix test recently published in the NLT-383/20 standard because, as we will see throughout the paper, it is a simple test that is accessible to all laboratories as it does not require much investment.

In short, in this communication we are going to tell the experience of Campezo and Padecasa with the Fénix test since its development and based on the experience acquired during the execution of a round robin test led by the UPC, specifically by professors Félix Pérez and Rodrigo Miró.

Keywords: Fénix test; bituminous mixtures; cracking; toughness.

1. INTRODUCCIÓN

Durante el año 2020 se ejecutó una parte de la Circunvalación de Segovia SG20, bajo la dirección del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, MITMA. El paquete de firme constaba de varias capas de mezclas bituminosas concretamente de estos tres tipos: AC32 BASE BC 50/70 G, AC22 BIN BC 50/70 S y BBTM11B 45/80-65. Las mezclas bituminosas citadas se fabricaron desde 2 plantas asfálticas situadas a menos de 40 kilómetros de la obra (cercanas a la población de Villacastín en Segovia).

Durante la ejecución de esta obra, la Universidad Politécnica de Cataluña, en adelante UPC, se pone en contacto con las empresas Padecasa y Campezo para ofrecernos la posibilidad de realizar un trabajo en colaboración, que consistió en la realización de un ejercicio de inter comparación con el ensayo Fénix entre los tres laboratorios con los distintos tipos de mezclas extendidas en la obra citada, desde las distintas plantas y también a partir de testigos de obra.

La propuesta nos pareció muy interesante para ambas empresas por varias razones que intentaremos exponer a lo largo de la comunicación y nos pusimos manos a la obra. En el caso del laboratorio de Campezo ya se tenía experiencia con el ensayo Fénix de anteriores trabajos realizados también con la UPC, sin embargo, Padecasa partía de cero, es decir, desde la adquisición y puesta a punto del equipo.

Esta colaboración nos ha permitido conocer con mayor detalle las bondades y posibilidades del ensayo Fénix para el mejor desarrollo de nuestras actividades y en esta comunicación queremos dar a conocer nuestra experiencia con este ensayo, es decir, dar nuestra opinión, ventajas e inconvenientes encontrados durante la ejecución del estudio realizado con el ensayo Fénix.

1.1. ¿Por qué el ensayo Fénix?

El ensayo Fénix, como se describirá en detalle mas adelante, ya que merece un apartado para ello, es un

ensayo que fue desarrollado por la UPC durante la ejecución del PROYECTO FÉNIX, allá por el año 2008, al cual debe su nombre. A partir de las conferencias impartidas en diferentes foros técnicos y publicaciones realizadas por sus autores pudimos conocer las bondades de este ensayo y toda la información que aportaba que fue una de las razones por la que nos animó a implantarlo en nuestros laboratorios.

Hasta la fecha, el diseño de las mezclas bituminosas, además de seleccionar las materias primas que den cumplimiento a las especificaciones establecidas en el PG-3 en función de la categoría de tráfico y el clima, se basa en dar cumplimiento a unos requisitos volumétricos y mecánicos como es la sensibilidad al agua, deformaciones permanentes y en algunos casos módulo y fatiga.

Pero esta metodología de diseño no tiene en cuenta el mecanismo de deterioro que realmente se produce actualmente de forma más habitual y extendida en las mezclas bituminosas, que es la fisuración. A esto hay que añadir los avances tecnológicos, nuevos productos que requieren de nuevos ensayos para poder estudiar el comportamiento de estas mezclas a las temperaturas que se van a encontrar en servicio y seleccionar aquellas mezclas que permitan cubrir las necesidades propias de la obra en cuestión.

La información que nos aporta el ensayo Fénix para estudiar la resistencia a la fisuración de las mezclas bituminosas que hasta estos momentos no han sido tenidas en cuenta en las fases de diseño o control de calidad, son las siguientes:

La **ductilidad** es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse plásticamente de manera sostenida sin romperse.

La **tenacidad** es la energía de deformación total que es capaz de absorber o acumular un material antes de alcanzar la rotura. Se debe principalmente al grado de cohesión entre moléculas.

El ensayo se realiza a varias temperaturas para evaluar la susceptibilidad de la mezcla a los cambios térmicos

y se puede ver como el comportamiento de la mezcla varía según sea su temperatura, así la respuesta de la mezcla es más dúctil y tenaz cuanto más alta es la temperatura, mientras que a bajas temperaturas el material presenta un comportamiento más frágil, con mayor resistencia y rigidez. Este aspecto podrá ayudar en un futuro a poder diseñar algunos tipos de mezclas en función de la temperatura media de la zona donde sea colocada, criterio que ya se utiliza en otros países.

La posibilidad de estudiar la respuesta de una mezcla, que como todos sabemos va a ser función de la composición y del tipo y porcentaje de ligante en la mezcla, es decir, poder realizar una selección de que formulación es la más adecuada en la fase de diseño, nos atrae enormemente y esta fue otra de las razones que comentaremos a lo largo de la comunicación que nos motivaron a su implantación.

Otro motivo fue la sencillez del ensayo. No se requiere de inversiones importantes para la implantación del ensayo como veremos en detalle más adelante.

Además, es un ensayo igualmente válido tanto para el diseño como para el control de calidad, ya que permitirá al fabricante controlar que lo que se está fabricando es acorde con lo diseñado y los requisitos del pavimento, y al cliente/administración comprobar la conformidad del material que se ha puesto en obra con lo que se ha formulado.

Sumado a todo ello, la oportunidad de trabajar conjuntamente las empresas Campezo y Padecasa junto con la UPC, concretamente con los inventores del ensayo, como son Félix-Edmundo Pérez Jiménez y Rodrigo Miró Recasens.

2 ENSAYO FÉLIX

El ensayo Fénix se encuentra actualmente normalizado según la norma NLT-383/20. Este ensayo permite estudiar la respuesta de las mezclas bituminosas a la fisuración, determinando la resistencia y la deformación a diferentes temperaturas mediante tracción directa en una probeta semicircular a la que previamente se le ha realizado una pequeña entalla. Tal y como se muestra en la siguiente fotografía.

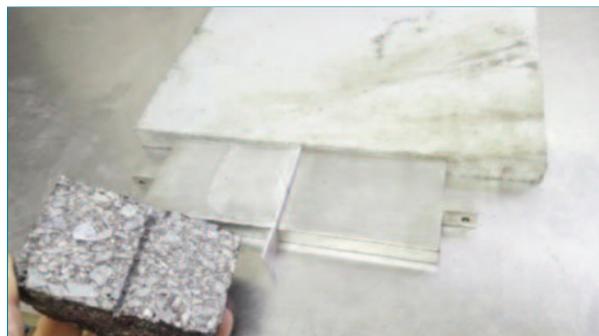


Foto 1: Probeta semicircular con entalla y placas metálicas para realizar el ensayo Fénix.

Este ensayo mide el esfuerzo de tracción directa aplicado en la base de una probeta de una determinada mezcla bituminosa para producir su rotura a una velocidad de desplazamiento controlada (1mm/min), y así valorar la resistencia a la fisuración de la mezcla a diferentes temperaturas y los efectos del envejecimiento durante su vida en servicio. Con ello, se podrá conocer como varía el comportamiento de la mezcla según la temperatura y valorar su adecuación al entorno climático en que se va a extender y a su vez se poder comparar con otro tipo de mezcla u otras formulaciones y poder seleccionar la más adecuada para el fin que va a tener en la carretera.

Por lo tanto, como ya se ha mencionado con anterioridad es un ensayo muy adecuado para la fase del diseño de la mezcla bituminosa, pero también es aplicable para el posterior control de la mezcla y así poder evaluar el comportamiento de la mezcla extendida en la carretera y compararla con la diseñada, ya que este ensayo permite trabajar con testigos extraídos de obra terminada.

Para poder llevar a cabo este ensayo en el laboratorio no es necesario un equipamiento muy sofisticado, fundamentalmente son dos los equipos imprescindibles y que por lo general ya se disponen en los laboratorios que son: una sierra de corte y una prensa multiensayos con cámara climática que te permita trabajar en un rango de temperaturas entre -5°C y 20 °C.

En cuanto a la sierra de corte, son válidas las que disponemos en los laboratorios que se suelen utilizar para cortar testigos de obra, ya que no requiere de ninguna sierra de alta precisión para llevar a cabo la entalla, en cuanto a sus dimensiones y alineación. Conviene aco-

Nuestra experiencia con el ensayo Fénix

plar algunos útiles a modo de guías para facilitar la calidad final del corte y de la entalla.



Foto 2: Fotos de la sierra de corte realizando la entalla.

En relación a la prensa, son válidas las que se utilizan por ejemplo para realizar el ensayo de tracción indirecta pero con la peculiaridad de que se requiere de una cámara climática que nos permite realizar el ensayo de rotura a diferentes temperaturas, normalmente se realiza a tres temperaturas -5, 5 y 20 °C. La temperatura es uno de los parámetros que debe ser controlado con precisión, dada su gran influencia en el resultado final del ensayo.

En el caso de Campezo, lo que se hizo fue comprar las mordazas específicas para este ensayo ya que ya se disponía de una prensa con cámara climática y de una sierra de corte. Sin embargo, en el caso de Padecasa, aunque inicialmente se planteó la posibilidad de modificar la prensa multiensayo que dispone en sus instalaciones de laboratorio para trabajar en las condiciones re-

queridas por el ensayo (en cuanto a temperaturas), finalmente analizando el coste de la operación de adaptación llevó a decidirse por adquirir un nuevo equipo que fue diseñado por Mecánica Científica y que actualmente lo tienen en su cartera de productos a la venta.



Foto 3: Prensa de ensayo

Durante el ejercicio de inter-comparación, con tres prensas diferentes; una nueva, una adaptada y otra la de la UPC con la que desarrollaron el ensayo, se detectaron algunas necesidades de ajustes; concretamente, un dispositivo para el control de la deformación ubicado a la altura de la probeta para mejorar la precisión, tal y como se muestra en la fotografía número 4.



Foto 4: Sistema de medida de la deformación

Además, Mecánica Científica, desarrolló un software para el posterior análisis de datos que nos permitiera ob-

tener los parámetros de interés del ensayo y las gráficas, así como realizar comparaciones entre distintas mezclas mediante el diagrama Fénix con las curvas de isotenacidad.



Foto 5: Software de análisis de datos

3. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO FÉNIX

La metodología de realización del ensayo Fénix es sencilla, pero como cualquier ensayo debe realizarse de forma metódica siguiendo las indicaciones señaladas en la propia norma de ensayo (NLT-383/20), tanto durante su ejecución como en el tratamiento de la muestra y preparación de las probetas.

A continuación, vamos a comentar desde nuestra experiencia las particularidades y/o aspectos a tener en cuenta al realizar este ensayo; no vamos a describir el procedimiento que hay que realizar para llevarlo a cabo, ya que está perfectamente descrito en la propia norma de ensayo.

Como ya hemos comentado, este ensayo permite obtener no solo las características mecánicas de la probeta (rigidez de la mezcla y resistencia), sino que también podemos evaluar como el ligante es capaz de mantener la resistencia de la mezcla al irse deformando y propagándose la grieta (tenacidad). Por ello, como en cualquier otro ensayo donde se miden las propiedades mecánicas, cobra especial importancia el protocolo de acondicionamiento de las muestras y preparación de las probetas, ya que según se lleve a cabo podemos estar alterando las propiedades del ligante y por lo tanto las

propiedades finales de la mezcla. Así las muestras no deben sufrir procesos continuos de recalentamiento.

3.1. Aspectos a tener en cuenta en la preparación de las probetas

Un aspecto importante a la hora de realizar las probetas para llevar a cabo el ensayo Fénix es el acondicionamiento de la mezcla según donde se haya realizado la toma de muestra. Aspecto muy importante a tener en cuenta en cualquier ensayo mecánico y que normalmente no se indica en las normas de ensayo.

Este aspecto es fundamental, ya que según la metodología que siga cada laboratorio para acondicionar la mezcla para realizar las probetas, el ligante puede sufrir un envejecimiento excesivo alterando así los resultados.

Por ello, en función de donde se realice la toma de muestra el pretratamiento será diferente, pero debería ser igual en cualquier laboratorio. Desde nuestra experiencia, consideramos que, si la toma de muestra se realiza en el centro de producción, las probetas se deben fabricar lo más rápidamente posible. Si no se dispone de laboratorio a pie de planta, ésta se debe desplazar al laboratorio en un recipiente que mantenga la temperatura de la mezcla y a la llegada al laboratorio introducirla en una estufa durante 75-90 min. a la temperatura de compactación, evitando sobrecalentamientos, y posteriormente se compactarán las probetas de forma inmediata. En cualquier caso, se deben evitar los recalentamientos de las mezclas.

3.2. Aspectos a tener en cuenta en la preparación de la entalla y posterior pegado

En cuanto al proceso de realización de la entalla, como ya se ha comentado anteriormente, no se requiere de sierras de corte con alta precisión; simplemente hay que tener especial cuidado de que el corte de la mitad de la probeta sea lo más recto posible, es decir, crear dos superficies lisas y rectas donde después se realizará la entalla. En cuanto a la realización de la entalla, simplemente hay que realizarla con especial cuidado y con seguridad para el operario con el fin de cumplir las dimensiones de la misma, teniendo en cuenta las tolerancias permiti-

Nuestra experiencia con el ensayo Fénix

das.

En relación a la resina de pegado a las mordazas metálicas, prestar atención a las indicaciones del fabricante de la resina en cuanto a los tiempos de curado para garantizar una buena adherencia a las placas, y nunca antes de cuando se haya alcanzado la dureza suficiente. En ningún caso la resina debe entrar en la entalla de la probeta, por ello es conveniente proteger dicha entalla durante la operación de pegado.



Foto 6: Sistema de pegado de las probetas

3.3. Aspectos a tener en cuenta en la rotura

Los aspectos a tener en cuenta durante la rotura de la probeta son que el sistema de mordazas junto con la probeta es alineado (que no haya ningún tipo de torsión) y esté libre, es decir que cuando la probeta rompa ambos lados de las mordazas caigan de forma libre.

Asegurar que la temperatura en la cámara, así como en la probeta, sea la correspondiente al ensayo y que la prensa de ensayo y el resto de los equipos del laboratorio se encuentren en perfectas condiciones de uso (calibrados) para evitar mediciones erróneas. Para ello se deben seguir las indicaciones de la norma en cuanto a los tiempos, temperaturas y cumplir con la precisión de los equipos.

4. EJERCICIO DE INTER-COMPARACIÓN

Para llevar a cabo este ejercicio de inter-comparación liderado por la UPC, en primer lugar, lo que se hizo es establecer un protocolo de trabajo donde se especificaba de forma clara y meticulosa la metodología a seguir desde la toma de muestra, el acondicionamiento y la ejecución del ensayo Fénix, con el fin de evitar posibles errores y minimizar dispersiones. Todas las medidas de tiempos y temperaturas se han seguido de forma escrupulosa para

poder valorar los resultados con mayor precisión.

La toma de muestra la llevó a cabo la misma persona y del mismo camión, y se fabricaron una serie de probetas (todas ellas) en el laboratorio de Padecasa mediante el compactador de impactos aplicando la energía de compactación requerida por el tipo de mezcla según normativa vigente.



Foto 7: Sistema de sujeción en la prensa de ensayos

De ese mismo lote (camión) se tomaron muestras para realizar probetas con la muestra recién fabricada y también probetas con muestra recalentada (enfriada y recalentada al día siguiente en el laboratorio), simulando los procesos habituales de preparación en los laboratorios con las muestras frías. Ese camión fue identificado exactamente en qué lugar de la obra fue extendido, para posteriormente extraer testigos y ensayar, en todos los laboratorios, el mismo material. Se fijaron rangos de fechas para realizar el ensayo en los 3 laboratorios con

la misma edad de curado, reduciendo la posibilidad de introducir algún factor que pudiese distorsionar los resultados.

Todas las probetas fueron fabricadas en un mismo laboratorio, para minimizar factores de incertidumbre, y fueron distribuidas en lotes al resto de laboratorios. El número total de probetas ensayado ha sido de 180 unidades para las probetas de mezcla recién fabricada, 180 unidades para las probetas con mezcla recalentada y 180 unidades de testigos extraídos de la obra (540 probetas). De cada probeta o testigos se extraen 2 muestras, por lo que el número de probetas ensayadas ha sido de 1080 unidades.

El trabajo se programó así ya que se quería evaluar lo siguiente:

- 1.- Efecto del recalentamiento en la mezcla para las propiedades medidas en el ensayo.
- 2.- Comparar resultados de laboratorio con los resultados obtenidos con la muestra de obra, mediante la extracción de testigos.
- 3.- Comparar los resultados obtenidos por varios laboratorios para estudiar la dispersión del ensayo y los equipos de medida.

Los resultados de este trabajo van a ser publicados próximamente por el MITMA como un anejo en la Nota Técnica sobre la utilización del ensayo Fénix en el

control de calidad de las obras de firme con mezclas bituminosas, por ello en esta comunicación solo vamos a adelantar los aspectos o conclusiones más importantes que se obtuvieron en el trabajo realizado, ya que podrán disponer de un mayor detalle en el documento mencionado.

Simplemente indicar que parte de las conclusiones obtenidas de este inter-laboratorio ya han sido descritas en esta comunicación, como por ejemplo es la preparación de las muestras o el acondicionamiento de las probetas.

A modo de ejemplo, en el gráfico siguiente se pueden comprobar los resultados de la rotura de la mezcla fabricada en una de las plantas (Padecasa) y ensayada por los diferentes laboratorios en las diferentes condiciones de: recién fabricada, recalentada y testigos de obra.

5. CONCLUSIONES

Según nuestra experiencia podemos concluir que se trata de un ensayo:

- Sencillo, que se ejecuta de forma rápida y nos permite estudiar el comportamiento de respuesta de las mezclas por fisuración a diferentes temperaturas.

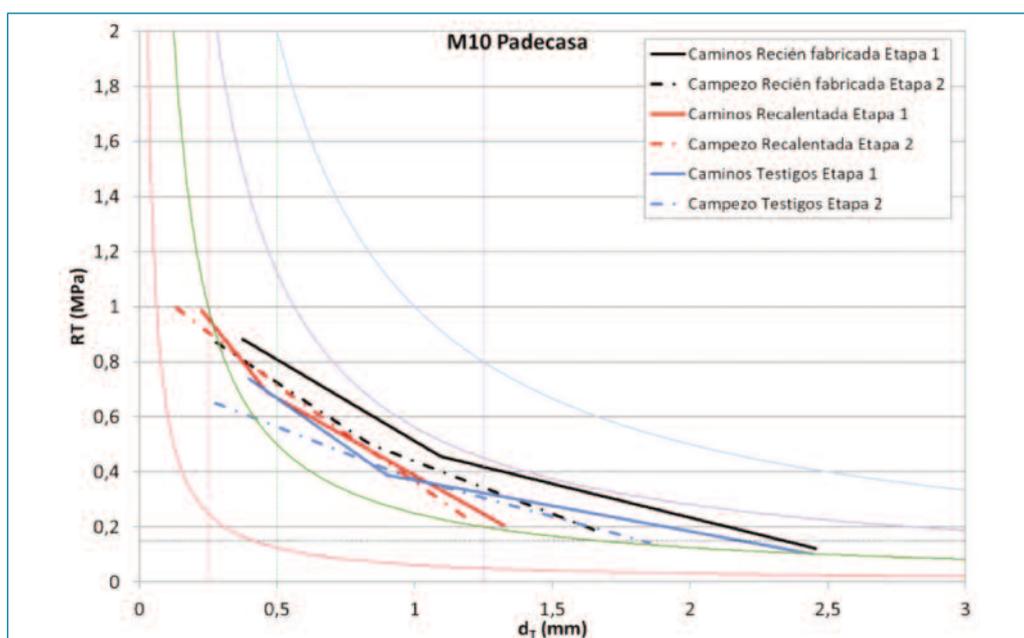


Gráfico 1: Resultados Fenix BBTM11B con todos los laboratorios.

Nuestra experiencia con el ensayo Fénix

- Que permite, en la fase de diseño, seleccionar entre distintas formulaciones y distintos tipos de ligantes con el objetivo de ofrecer a la Dirección de Obra una mezcla acorde con los requisitos de la obra.
- Con el que se puede obtener la curva característica del comportamiento de la mezcla, tanto de probetas fabricadas en laboratorio, como de testigos para el posterior control de calidad.
- Que no requiere de equipamiento muy sofisticado y es accesible para cualquier laboratorio.

La realización de este ejercicio de inter-comparación, durante año y medio de trabajo, nos ha permitido conocer y ajustar el procedimiento en nuestros laboratorios.

Debe ampliarse la experiencia para tener una batería de datos importante para las diferentes tipologías de mezclas, con materiales secundarios, con material de frezado, etc. y así poder establecer unas futuras especificaciones.

En conclusión, y hablando desde nuestra experiencia, es un ensayo recomendable ya que aporta información adicional a los que actualmente se disponen en la normativa vigente, permite conocer el comportamiento

de las mezclas bituminosas a fisuración y permite seleccionar las formulaciones más adecuadas para cada obra y estudiar el efecto del reciclado.

Este ensayo aporta información de unas propiedades importantes y diferentes a las que estamos habituados para valorar la calidad de nuestras mezclas bituminosas, que han sido estudiadas durante la fase de desarrollo del procedimiento y posteriormente en estudios experimentales, pero que se han llevado al ensayo con materiales reales de una obra para comprobar a escala real sus ventajas y posibilidades.

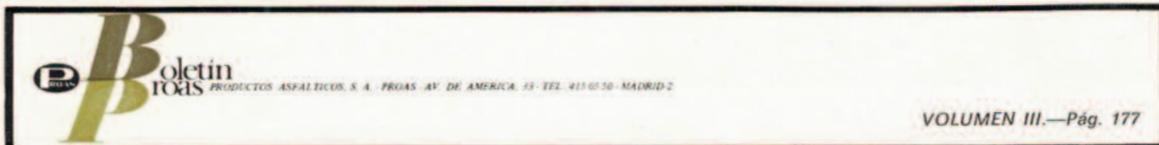
6. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Politécnica de Cataluña, en especial a los profesores Felix-Edmundo Pérez Jiménez y Rodrigo Miró Recasens por su confianza para la ejecución de estos ensayos; ha sido un placer trabajar con vosotros y esperamos poder seguir colaborando en otros estudios.

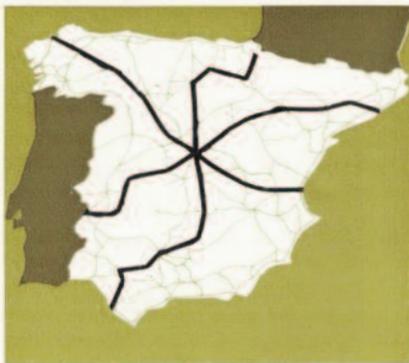


Mirando al pasado

Documento publicado en julio - agosto de 1974.



VOLUMEN III.—Pág. 177



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

En nuestro último comentario hacíamos referencia al consumo español de aglomerantes asfálticos, comparándolo con el de otros países europeos. De esta comparación se deducía que, a pesar de lo mucho que en España ha crecido el volumen de asfalto utilizado cada año, nuestro consumo específico sigue siendo muy modesto dentro del conjunto de los consumos europeos.

Evidentemente, el obtener consumos específicos elevados no es objetivo en sí, sino simplemente un índice de lo que es la actividad de construcción de carreteras, ya que son las carreteras las que consumen el 90 por 100 del asfalto utilizado por un país de las características del nuestro, y este índice, es decir, el bajo consumo específico de asfalto que tenemos en España, podría bastarnos

como dato, si no tuviéramos ningún otro, para llegar a la conclusión de que, aunque se ha hecho mucho por nuestras carreteras en los últimos diez años, seguramente aún no se ha hecho lo suficiente.

Evidentemente, donde aún queda más por hacer es en la extensa red de carreteras españolas que han quedado fuera de los grandes planes hasta ahora acometidos y en las que se continúa realizando periódicamente unas labores de conservación frecuentemente insuficientes ante las necesidades de un tráfico que crece de un modo muy apreciable, aunque evidentemente, sigue siendo de menor cuantía que el que utiliza los tramos más importantes de la red principal.

Nos referimos tanto a las carreteras que podríamos llamar menos favorecidas de la red de carreteras nacionales como a la extensa red de vías provinciales, a cargo generalmente de las Diputaciones, y de las que se viene hablando insistentemente como objetivo de un plan que esperamos pueda llevarse pronto a su fase de ejecución práctica.

La mejora de todas estas carreteras no sólo es importante, como hemos hecho notar en otras ocasiones, porque son utilizadas ya por muchos automovilistas que aprecian dolorosamente el contraste hoy existente entre sus firmes y los de las carreteras de mayor importancia, sino también, en las circunstancias actuales, que hacen deseable toda medida que pueda contribuir a la economía de combustibles petrolíferos, por la gran repercusión que en el consumo de carburantes tiene el estado de los firmes. Las carreteras secundarias tienen frecuentemente una densidad de tráfico reducido, pero el número total de vehículos/kilómetro que las utiliza es, a pesar de todo, un porcentaje importante del total nacional.

El gasto en la mejora de estos firmes, que supone su modernización mediante tratamientos superficiales o mezclas asfálticas, quedaría quizás ampliamente compensado en el conjunto de la economía nacional por el ahorro de gasolina a que daría lugar la mayor facilidad de circulación que tendría como consecuencia.

**CREANDO
CONEXIONES POR
NATURALEZA**

Calendario de eventos

AÑO 2023

16 de marzo ASEFMA	VII Jornada Internacional de Conservación Viaria de Málaga	Málaga (España) www.asefma.es
21-23 de marzo AEC	32 Semana de la Carretera	Madrid (España) www.aecarretera.com
29-30 de marzo EUROBITUMEN	SPRING MEETING	Madrid (España) www.eurobitume.eu
30 de marzo EAPA	50 Aniversario de EAPA	Madrid (España) www.eapa.org
6 de abril ASEFMA	Día internacional de la conservación de carreteras	www.asefma.es
18-20 de abril ATC	Simposio nacional de Firmes 2023 #SNF2023	Valencia (España) www.atc-piarc.com
11-12 de mayo EAPA	8º Congreso Internacional PAVIMENTOS ASFÁLTICOS 2023	Opatija (Croacia) www.eapa.or
12-14 de junio EAPA	10 th meeting EATA	Gdansk-Polonia www.eapa.org
25-29 de junio PIARC	Concrete Roads 2023	Cracovia (Polonia) www.piarc.org
26-27 de septiembre PIARC	II Congreso Internacional del Asfalto 4.0	Madrid (España) https://ica4point0.com/es/
2-6 de octubre NAPA	XXVII th World Road Congress	Praga (República Checa) www.eapa.org
11 de octubre ASEFMA	Día mundial de la carretera	Praga (República Checa) www.asefma.es
22-25 de noviembre	Smopyc	Zaragoza (España) https://www.feriazaragoza.es/smopyc-2023
28-29 de noviembre EAPA	Pavimentos de Asfalto 2023 "Salgamos de la crisis con asfalto!"	República Checa

AÑO 2024

22-26 de abril CILA	XXII CILA	Sevilla (España)
19-21 de junio EUROBITUMEN	8th E&E Congress	Budapest (Hungria) www.EECONGRESS2024.org



MARZO 2023

ATRASANDO guerras y FRONTERAS

ADVANTAGE 80: Asphalt is a flexible pavement #AsphaltAdvantages

Reforzamos el firme, reducimos las emisiones →

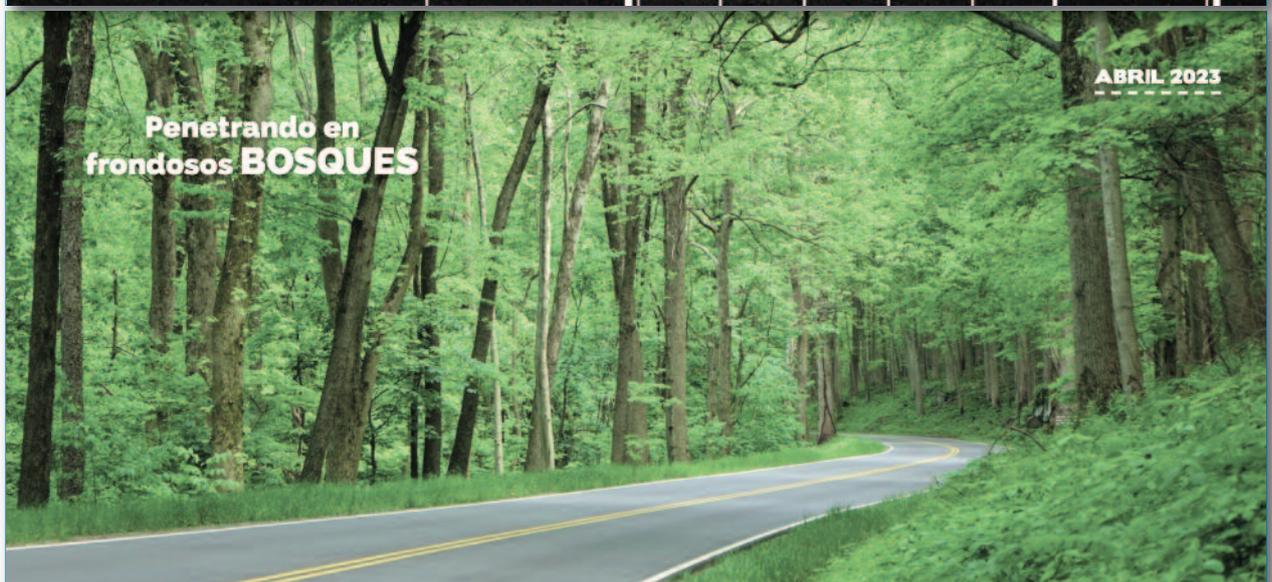
MARZO 2023

Colaboran:

El asfma @asfma_es /company/asfma @asfma

EVENTOS
30 de marzo
50º Aniversario de EAPA

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



ABRIL 2023

Penetrando en frondosos BOSQUES

ADVANTAGE 79: Asphalt working with the environment #AsphaltAdvantages

Reforzamos el firme, reducimos las emisiones →

ABRIL 2023

Colaboran:

El asfma @asfma_es /company/asfma @asfma

EVENTOS
6 de abril
#IRMD2023

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

Noticias del sector

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

ASEFMA anuncia una caída del 9,7% en el consumo de betún en España para mezclas asfálticas en 2022 y presenta su hoja de ruta para la descarbonización del sector en 2030

El presidente de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), Juan José Potti, anunció el pasado 1 de febrero durante la Asamblea General Ordinaria de la entidad que la industria española del asfalto había cerrado 2022 con una cifra estimada de producción de mezcla bituminosa de 17,1 millones de toneladas. El consumo de betún para mezclas bituminosas pasa de 645.102 toneladas a 582.331, lo que supone una caída del 9,7% respecto al ejercicio anterior y el regreso a los niveles de 2020.

“165 millones de toneladas es la cifra del desfase acumulado en la producción de asfalto desde 2010 para mantener en un óptimo estado de conservación la red española de carreteras atendiendo a su longitud, tráfico y condiciones climatológicas”, explicó Juan José Potti también presidente de la asociación europea de pavimentación asfáltica EAPA. Este déficit se trasladó también al tejido empresarial: “hace 15 años había ocho suministradores de betún en España, en la actualidad solo quedan tres”.

A pesar de las cifras, el máximo representante del sector del asfalto en España se mostró optimista: “la subida de materias primas y energía a inicio de año dio lugar a un contexto de incertidumbre que puso en jaque al sector situándolo al límite de la paralización” pero “la situación fue revertida gracias a los Reales Decretos-ley de medidas de sostenibilidad económicas que introdujeron una revisión excepcional de precios en los contratos de obras públicas”.

Además, “todas las obras de refuerzo de firmes del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana superiores a los 0,5 millones de euros han sido licitadas por concurso”, afirmó el presidente de ASEFMA satisfecho porque este sistema de licitación por concurso estimula la innovación, experiencia y nuevos desarrollos, frente a las licitaciones por subasta donde prevalece el criterio económico y el producto normalizado. “La cantidad de obras licitadas por el Ministerio de Transportes durante 2022 alcanzó un nuevo hito en la serie histórica de los últimos diez años: tanto en número de licitaciones como en importe total, que superó los 147 millones de euros”.

Por otro lado, Juan José Potti destacó la labor de ASEFMA para obtener “los 15,9 millones de euros para el sector en la convocatoria PRTR 2022 y destinados a proyectos de pavimentación sostenible”, que se van a transformar en “más de 40 millones de inversión por el sector de la pavimentación asfáltica en equipamiento moderno más amigable con el medio ambiente, reutilización de fresado retirado y tecnologías sostenibles”.

El presidente de ASEFMA también refirió a los objetivos de descarbonización sectorial y la hoja de ruta de la industria del asfalto hacia 2030. En esta línea, subrayó que “todos los socios fabricantes de ASEFMA han iniciado el proceso para la obtención de la declaración ambiental de producto (DAP)” y que “en 2023 por primera vez en la historia se podrán conocer las emisiones asociadas a la producción de mezclas asfálticas”.

Se abre el período de recepción de resúmenes técnicos para el II Congreso Internacional ICA 4.0

El comité técnico del II Congreso Internacional sobre Asfalto 4.0 (ICA 4.0, por sus siglas en inglés) anu-

nió la apertura del período de recepción de comunicaciones técnicas vinculadas a la digitalización del sector. El evento, que ya en su primera edición tuvo una amplia acogida internacional y despertó gran interés entre administraciones, universidades y empresas, se celebrará en Madrid los días 26 y 27 de septiembre de 2023.

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

Los resúmenes deberán ser enviados antes del próximo 15 de junio de 2023 al correo electrónico asefma@asefma.com.es y deberán incluir título de la comunicación, información de los autores (nombre y apellidos, entidad y correo electrónico) y un resumen no superior a las 700 palabras.

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

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

La Semana de la Carretera celebra su 32ª edición cuando se cumplen 60 años de su aparición en la escena técnica del sector viario español #32SemanaDeLaCarretera Nuevas funcionalidades de las redes viarias: De meros soportes del tráfico a plataformas "Smart" de servicios de movilidad

Organizado por la Asociación Española de la Carretera y promovido por la Comunidad de Madrid a tra-

vés de su Consejería de Transportes, Infraestructuras y Vivienda, este congreso, al que ya se han sumado como patrocinadores CEPSA, EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS, POTTERS INDUSTRIES y SORIGUÉ, intentará esclarecer, en sus tres jornadas de trabajo, los interrogantes que la transformación de las infraestructuras viarias plantea a nivel tecnológico, político, económico e incluso, social.

Esta apuesta por un cambio global y sin retorno es la que la industria de la carretera se propone materializar en el marco de la 32ª Semana de la Carretera, un congreso que reunirá en Madrid al conjunto de la comunidad técnica de este sector los próximos 21, 22 y 23 de marzo.

La Comunidad de Madrid presenta en este congreso su Estrategia de Seguridad Vial 2023-2030 y unas innovadoras recomendaciones para la gestión de la seguridad de los motociclistas. El tiempo apremia y el sector viario debe pasar a la acción. Superar el tradicional concepto de carretera y evolucionar hasta convertirse en un espacio para la movilidad sostenible, segura e inteligente de todo tipo de usuarios. Reconciliarse con el entorno y dejar atrás las emisiones de gases contaminantes para transformarse en una infraestructura verde. Pasar de ser mero soporte del tráfico rodado a transmutarse en una plataforma "Smart" de servicios de movilidad.



ISPACAD 2023 (International Symposium on Pavements for Carbon Neutral and Digitalised Roads)



Este prestigioso evento internacional se celebrará el próximo día 1 de marzo de 2023 en la E.T.S.I.C.C.P de la Universidad de Granada (<https://ispacad2023.com/Presentacion>). Este simposium tiene como objetivo principal dar a conocer los últimos avances en el campo de los materiales y tecnologías para la transformación ecológica y digital de la carretera a nivel internacional. Será el lugar ideal para presentar algunos de los trabajos e investigaciones más recientes en este campo y la excusa perfecta para disfrutar de una de las ciudades más bonitas de España.

El Symposium está organizado conjuntamente por LabIC.UGR y la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda de la Junta de Andalucía.

ISPACAD2023 será un encuentro entre la Universidad, la industria y los organismos públicos, siendo una oportunidad única para que ingenieros e investigadores compartan los desarrollos más avanzados para alcanzar la neutralidad en carbono y digitalización de las carreteras. Además se presentará el Proyecto europeo CIRCOPAV en el que participan ocho universidades diferentes y ocho compañías de diferentes países en tres continentes.

MITMA regula el uso de mezclas bituminosas ultrafinas (AUTL) en firmes de carreteras

Desde el pasado 14 de diciembre, la familia de mez-

clas objeto de la UNE-EN 13108-9, denominada “Mezclas bituminosas ultrafinas” (AUTL por sus siglas en inglés) tiene su propio marco regulatorio de aplicación. El MITMA ha aprobado la Orden Circular OC 3/2022 sobre mezclas bituminosas AUTL para capas de rodadura, con la que incorpora a la normativa técnica esta nueva tipología de mezclas calientes o semicalientes con características superficiales semejantes a las de las mezclas BBTM pero que puedan extenderse en espesores nominales entre 10 y 20 mm y cuyas ventajas técnicas, medioambientales y económicas se han demostrado en países donde se emplean con asiduidad.

La OC 3/2022 incorpora a los pliegos de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3) el artículo “545. Mezclas bituminosas tipo AUTL para capas de rodadura” y recoge tres tipologías de mezclas AUTL: la AUTL 5 y la AUTL 8 que se pueden extender en cualquier categoría de tráfico pesado y la AUTL 11 que puede ser extendida en las categorías de tráfico pesado T2 a T4.

“La granulometría de estas mezclas, generalmente discontinuas, con una textura superficial abierta, garantiza un buen comportamiento superficial en cuanto a adherencia neumático-pavimento y una baja emisión acústica causada por la rodada de los vehículos”, recoge la Orden Circular. Además “en la fabricación de este tipo de mezclas se debe disponer de materiales constituyentes de elevada calidad que permitan lograr una prolongada vida útil manteniendo sus propiedades. Por este motivo, se hace necesario el empleo de áridos limpios, bien clasificados, con la dureza y resistencias adecuadas, pero a la vez con una buena cubicidad”.

Por otro lado, señala que las categorías de tráfico pesado intensas, tipo T00 y T0, requieren de unos ligantes hidrocarbonados más exigentes y que cuando se emplee un aditivo para reducir la temperatura de fabricación de la mezcla bituminosa que pueda influir en las propiedades del ligante modificando se deben proporcionar comprobaciones adicionales basadas en investigaciones que empleen las normas de la serie UNE-EN 12697 que permitan demostrar el efecto positivo del aditivo en las prestaciones de mezclas bituminosas para capas ultrafinas AUTL.

Al tratarse de capas muy delgadas donde el método

de adherencia es parte esencial en el proceso, la OC 3/2022 subraya el especial cuidado en el extendido del riego de adherencia y señala que, previamente, la superficie habrá sido objeto de barrido y soplado y/o aspirado.

La Dirección General de Carreteras ha dispuesto que en el proyecto y ejecución de mezclas tipo AUTL se deberá justificar adecuadamente la necesidad de rehabilitación superficial. Además, el articulado de la OC 3/2022e establece una serie de comprobaciones de la conformidad de los productos y los procesos incluidos en su ámbito que, en muchos casos, están referidos a normativa NLT, UNE, UNE-EN y UNE-EN ISO.

Nuevo Grupo de Trabajo de ALEAS para ensayos de mezclas AUTL

Tras la reciente aparición del artículo 545 del PG3 MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO AUTL PARA CAPAS DE RODADURA, se ha creado un nuevo GT en Aleas con el objetivo de estudiar los ensayos empleados para la caracterización de este tipo de mezclas y verificar el cumplimiento de las especificaciones incluidas en el citado Artículo del Pliego PG-3 así como, si es necesario, proponer metodología alternativa para evaluar las propiedades durante el diseño y control de calidad de estas mezclas bituminosas.

A día 31 de enero de 2023, Aleas está formada por 36 entidades que aportan su conocimiento y experiencia en el estudio y desarrollo de las metodologías de ensayos de mezclas bituminosas.

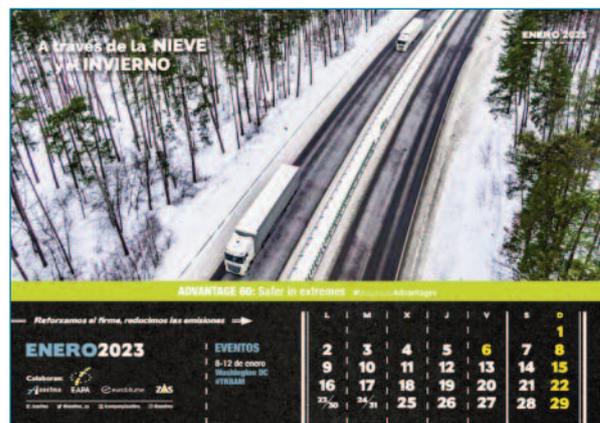
Hasta el momento el nuevo GT cuenta con 13 participantes y está previsto mantener la primera reunión en la primera quincena de febrero de 2023.

ASEFMA destaca en su calendario 2023 la función vertebradora de la carretera sobre el territorio y la sociedad

La entidad que representa a los fabricantes españoles de asfalto expone mes a mes la función de las carreteras como infraestructura indispensable para la cohesión territorial y social. Como en ediciones

precedentes, apoya su argumentario en imágenes de gran impacto, incorpora "Asphalt Advantages" e incluye eventos destacados.

Bajo el lema "En tiempos de crisis y enfrentamientos la carretera une a los pueblos y a las personas", el calendario 2023 de ASEFMA retoma el concepto de la carretera como primera red social que conecta a personas y pueblos así como su disponibilidad las veinticuatro horas de los 365 días del año salvando de los obstáculos geográficos o meteorológicos. También destaca la importancia estratégica de esta infraestructura terrestre en zonas de conflicto, países subdesarrollados y en vías de desarrollo, así como aquellos con emergencias sanitarias.



En el calendario 2023 ha colaborado con ASEFMA, las agrupaciones europeas EAPA y EUROBITUME que distribuirán el calendario en versión inglesa entre sus asociados y la Asociación Eslovena de Pavimentación Asfáltica (Združenje asfalterjev Slovenije, ZAS) que publicará el calendario en lengua eslovena. Entre los eventos señalados en el calendario, destaca el Día Interna-

cional de la Conservación de Carreteras (6 de abril), el Día Mundial de la Carretera (11 de octubre) y el 2º congreso internacional ICA 4.0 (26 y 27 de septiembre).

El profesor de la UGR Fernando Moreno Navarro recibe el premio Juan López de Peñalver de la Real Academia de Ingeniería

La Real Academia de Ingeniería ha concedido el premio Juan López de Peñalver en su edición de 2022 a Fernando Moreno Navarro, profesor titular del departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería de la Universidad de Granada, y subdirector del Laboratorio de Ingeniería de la Construcción (LaBIC.UGR).

Este prestigioso galardón, otorgado con carácter anual, reconoce al investigador menor de 40 años que ha realizado las contribuciones más notorias de desarrollo e innovación en cualquiera de los ámbitos profesionales de la ingeniería española.

La Comisión de Premios de la Real Academia de Ingeniería ha valorado su relevancia en la transferencia de desarrollos tecnológicos para empresas y administraciones públicas en todo el mundo, y la notoriedad de sus creaciones, como el método de ensayo UGR-FACT o los materiales MASAI, que han contribuido de forma directa a sentar las bases de algunas de las innovaciones más importantes que están teniendo lugar en materia de firmes de carretera.

Fernando Moreno Navarro es doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la UGR, con premio extraordinario de doctorado en ingeniería y arquitectura, y actualmente imparte docencia en las asignaturas de “Procedimientos de Construcción” y “Técnicas Avanzadas de Construcción” en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

A sus 37 años, el profesor Moreno Navarro se ha convertido en un referente de la investigación e innovación en ingeniería de carreteras, habiendo recibido a lo largo de su trayectoria profesional algunos de los galardones más prestigiosos a nivel nacional e internacional. Entre ellos y muy recientemente, destaca el premio Juan Antonio Fernández del Campo de la Asociación Española de la Carretera en 2022.

Con este nuevo galardón, el profesor Moreno Navarro pone de manifiesto el elevado nivel de la ingeniería de carreteras en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos de la Universidad de Granada, siendo la primera vez que se concede a un investigador en este ámbito y siendo el primer investigador de la UGR en recibir esta prestigiosa distinción que engloba a todas las ramas de la ingeniería: informática, industrial, telecomunicaciones, electrónica, química, etc.

La entrega de este premio tuvo lugar el pasado 26 de enero en el Palacio del Marqués de Villafranca (Madrid), donde el profesor de la UGR impartió una ponencia sobre los aspectos más destacados de su labor investigadora.



VIATOP® *plus RC*

Das Pellet.

.....
con un rejuvenecedor
sostenible para mezclas con
mayores tasas de fresado

XVII Jornada Nacional de ASEFMA 2022

“Fortalezas/debilidades y desafíos del sector de la pavimentación asfáltica en los próximos años”



Finalizamos el pasado año 2022 celebrando, durante los días 13 y 14 de diciembre, la XVII Jornada Nacional de ASEFMA (#XVIIJornadaASEFMA), la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas, bajo el lema “Fortalezas/debilidades y desafíos del sector de la pavimentación asfáltica en los próximos años”. Sin buscarlo, fue un lema muy adecuado a la edición correspondiente del tradicional encuentro de nuestro sector, pues desde la Comisión Técnica de ASEFMA, dirigida por Jesús Felipo y encargada de la organización de estas jornadas, no fuimos conscientes de que uno de los significados del número 17 es la “iluminación”, en el sentido de la comprensión del destino, la existencia de las cosas y la ciencia.

Así, durante los dos días de la XVII Jornada Nacional se habló de los retos que tiene el sector de la pavimentación asfáltica para los próximos años, en siete sesiones que trataron sobre la radiografía del sector de la pavimentación en España, los nuevos requerimientos ambientales para las mezclas bituminosas y las declaraciones ambientales de producto (DAP), la maquinaria de puesta en obra para la pavimentación 4.0, la panorámica actual del esfuerzo en I+D+i de las organizaciones del sector; las propuestas recibidas para el premio a las mejores prácticas ambientales (MPA), y los tradicionales premios y reconocimientos.

En esta edición, la asociación, dando un paso más en su compromiso con la sostenibilidad ambiental, se preocupó

de compensar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se generaron en el evento. Un total 2.965 kg de CO₂-eq, que se estimaron como los emitidos a la atmósfera por el total de actividades y asistentes fueron compensadas mediante la contribución correspondiente para reforestar el bosque de Maceira (Pontevedra) con pino rodeno, a través de la iniciativa MotorVerde, que promueve la Fundación Repsol y desarrolla el Grupo Sylvestris.



Foto 1: Juan José Potti, Presidente de ASEFMA

Esta acción de responsabilidad social ambiental que ha desarrollado ASEFMA para su congreso de ámbito nacional se incorpora a otras que se vienen aplicando desde el año 2013, como la retransmisión online de sus eventos, con la que además de facilitar el conocimiento técnico y optimizar la divulgación de la I+D+i en el ámbito de la pavimentación asfáltica, también se ha contribuido a reducir las emisiones

XVII Jornada Nacional de ASEFMA 2022 “Fortalezas/debilidades y desafíos del sector de la pavimentación asfáltica en los próximos años”

y otros impactos derivados de los desplazamientos producidos por los asistentes para acudir al evento, ofreciendo la oportunidad de seguirlo en varias modalidades, dentro de un formato híbrido PDV (presencial, digital y virtual).

Con un elevado nivel de asistencia, así como una extraordinaria calidad en las ponencias, comunicaciones y mesas redondas, se dejaron claros cuáles son los principales retos y desafíos del sector para los próximos años, inducidos por la necesaria transición ecológica y transformación digital: diferentes prestaciones de los materiales y las técnicas, una orientación hacia la experiencia del cliente, nuevos modelos de relaciones laborales y gestión del talento, la introducción de la industria 4.0 en las plantas de fabricación y equipos de ejecución, y una apuesta clara por la innovación abierta y constante. Y lo que también quedó claro es que nos enfrentaremos a retos aún desconocidos, ante los cuales debemos repensar nuestra industria, pero sin perder el oficio. Algo difícil, pero, sin ninguna duda, apasionante.

la durabilidad, la reutilización, el reciclado, y la reducción de las temperaturas de fabricación y puesta en obra.

En esta ocasión se expusieron los avances en las declaraciones ambientales de producto (DAP) iniciadas por las empresas asociadas a ASEFMA. En este momento, se trata de una declaración voluntaria que supone un gran paso desde el punto de vista de la sostenibilidad y necesario para acercarnos al ecodiseño.

Por otro lado, resulta gratificante ver cómo los criterios considerados para estas evaluaciones ambientales, establecidos por las asociaciones europea y norteamericana del sector de la pavimentación asfáltica, coinciden con los que desde este sector y bajo el paraguas de ASEFMA ya fueron establecidos en los primeros análisis ambientales realizados para las mezclas bituminosas durante los años 2007 a 2010, dentro de los trabajos de investigación realizados en el *Proyecto Fénix*.

El acto más emocionante del encuentro fue la entrega



Foto 2: Asistentes XVII Jornada Nacional de ASEFMA 2022

Como viene siendo habitual en estas jornadas, desde sus principios, uno de los principales temas fue la implicación del sector en los temas relacionados con la sostenibilidad ambiental, centrados especialmente sobre la descarbonización y la economía circular a través de las tecnologías basadas en

de los Premios 2022 a la Trayectoria profesional en el sector de la pavimentación asfáltica, que este año fueron entregados a José Javier Cameo, director general de Tecnofirmes; a Eduardo Fernández, director general de Eiffage Infraestructuras; a Rosario Cornejo, directora técnica de la Dirección



Foto 3: Mesa Redonda Sector de la Pavimentación



Foto 4: Javier Loma tras recibir el Premio MPA 2022.

General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA); a Miguel Ángel del Val, catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid; y a José Luis Peña, director del área técnica de ASEFMA.

Fue una emotiva ceremonia de entrega, presidida por el presidente de ASEFMA, Juan José Potti, y en la que participaron para presentar a los galardonados y entregar los premios Ignacio Rus (Eiffage Infraestructuras), Jesús Guillén (Pavasal), Pablo Álvarez (BECSA) y el autor del presente artículo.

ASEFMA promueve desde el año 2014 el Premio a las "Mejores Prácticas Ambientales" (MPA) en pavimentación, una iniciativa sectorial que este año ha celebrado su novena edición para premiar y promover los desarrollos en mezclas asfálticas que signifiquen avances técnicos, económicos y sostenibles. En esta ocasión, como viene siendo habitual, la elección del ganador ha resultado muy difícil, entre las seis propuestas presentadas.

Finalmente, el ganador del Premio MPA a las Mejores Prácticas Ambientales del año 2022 ha sido el proyecto "*Sensasfalt: sensorización y digitalización del proceso de fabricación para la obtención de mezclas bituminosas y procesos productivos más sostenibles*", de las empresas PADECASA y CYCASA, que fue recogido por Javier Loma, director de tecnología y desarrollo de PADECASA.

Otro de los tradicionales premios que se otorgan en la Jornada Nacional de ASEFMA es el Premio Asfaltero 4.0, para reconocer a la persona más activa e influyente en Twitter durante el evento, al cual concurrieron 21 profesionales, en una jornada que llegó en esa red social a una audiencia superior a los 235.000 usuarios. La galardonada fue Aida Marzá, técnico de normalización, control de calidad e I+D+i en la empresa BECSA. Esta es la tercera edición en que Aida

XVII Jornada Nacional de ASEFMA 2022 “Fortalezas/debilidades y desafíos del sector de la pavimentación asfáltica en los próximos años”



Foto 5: Aida Marzá recoge el Premio Asfaltero 4.0 en reconocimiento de su actividad en rr.ss.

ha obtenido el reconocimiento a su actividad destacada en redes sociales.

Con un contenido y alcance tan interesante como el descrito, satisfechos ante los resultados conseguidos, se dio por concluida la decimoséptima jornada nacional, para comenzar ya a preparar la siguiente, a la cual le corresponde otro número, el 18, que representa un interés universal, siendo símbolo de fortaleza interior. Y con esa fortaleza, apoyada en los proyectos e iniciativas del sector puestos en marcha, os esperamos en la próxima Jornada Nacional de ASEFMA.



Foto 6: Miguel Ángel del Val, José Luis Peña, Rosario Cornejo, Eduardo Fernández y Javier Cameo tras recibir su galardón que reconoce su trayectoria profesional.

Lecturas recomendadas

ORDEN CIRCULAR OC 3/2022 SOBRE MEZCLAS BITUMINOSAS AUTL PARA CAPAS DE RODADURA". MITMA. Diciembre 2022. 51 páginas

Desde el miércoles 14 de diciembre de 2022, la familia de mezclas "Mezclas bituminosas ultrafinas" (AUTL por sus siglas en inglés) tiene su propio marco regulatorio de aplicación. El MITMA ha aprobado la Orden Circular OC 3/2022 sobre mezclas bituminosas AUTL para capas de rodadura, con la que incorpora a la normativa técnica esta nueva tipología de mezclas calientes o semicalientes con características superficiales semejantes a las de las mezclas BBTM pero que puedan extenderse en espesores nominales entre 10 y 20 mm y cuyas ventajas técnicas, medioambientales y económicas se han demostrado en países donde se emplean con asiduidad y en numerosas obras realizadas en España.

La OC 3/2022 incorpora a los pliegos de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3) el artículo "545. Mezclas bituminosas tipo AUTL para capas de rodadura" y recoge tres tipologías de mezclas AUTL: la AUTL 5 y la AUTL 8 que se pueden extender en cualquier categoría de tráfico pesado y la AUTL 11 que puede ser extendida en las categorías de tráfico pesado T2 a T4.

https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/comodin/recursos/oc_2022-03_autl.pdf



Publicación "GHG EMISSIONS INVENTORY FOR ASPHALT MIX PRODUCTION IN THE UNITED STATES". NAPA. Junio 2022. 34 páginas

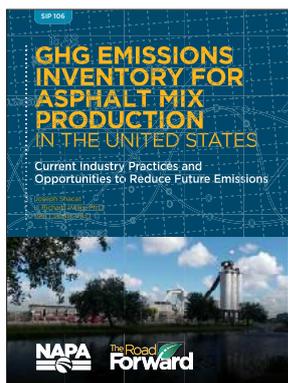
La industria de producción de pavimentos asfálticos se ha fijado el ambicioso objetivo de conseguir emisiones neutras de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la producción de pavimentos asfálticos.

Para alcanzar el "cero neto en carbono" la industria debe comprender, identificar y seguir reduciendo tanto la intensidad de carbono de los materiales utilizados y el consumo de energía asociados a la producción de mezclas de pavimentos asfálticos.

El objetivo de este informe es evaluar y documentar un inventario de emisiones de la "cuna a la puerta" de las mezclas asfálticas de EE.UU en los años 2009-2019. El inventario de emisiones incluye tres fases principales del ciclo de vida:

- A1 - Emisiones de GEI asociadas a materias primas, como la extracción y de ligante asfáltico, áridos y modificadores del asfalto;
- A2 - emisiones de GEI asociadas al transporte de materias primas a las instalaciones de mezcla; y
- A3 - Emisiones de GEI asociadas a producción de mezclas asfálticas en la planta de asfalto, incluidos los procesos energéticos previos, como la producción y transmisión de electricidad.

<https://bit.ly/3laeFE6>



Publicación “Practices for Assessing and Mitigating the Moisture Susceptibility of Asphalt Pavements (2022)” NCHRP Synthesis 595. TRB. 2022. 99 páginas. 2022.

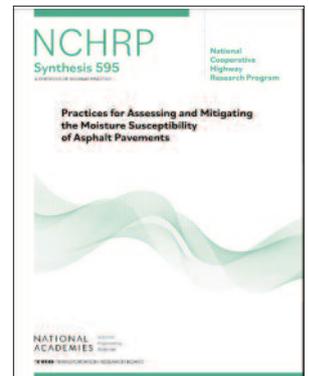
La incompatibilidad entre el tipo de árido y el ligante asfáltico, la presencia de agua estanca o bajo presión en las capas del pavimento, y las prácticas de construcción inadecuadas son algunos de los muchos factores que influyen en la susceptibilidad a la humedad de los pavimentos flexibles. La superficie de los áridos tiene mayor afinidad por las moléculas polares de agua que por las moléculas no polares del betún. Con el tiempo, las moléculas de agua tienden a romper la unión adhesiva entre el árido y el betún y desprender el betún generando una pérdida localizada de la integridad del pavimento.

Estos cambios localizados conducirán, con el tiempo, a un deterioro a mayor escala. Por lo tanto, los departamentos de transporte (DOT) de EE.UU. emplean medidas preventivas para abordar este problema.

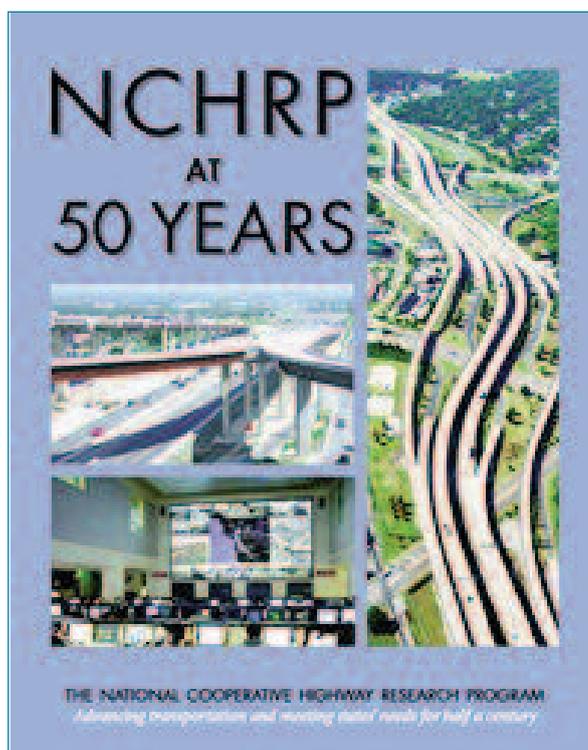
El objetivo de esta publicación es documentar las prácticas utilizadas por los DOT estatales de EE.UU. para prevenir o minimizar los daños causados por la humedad en los pavimentos de mezcla bituminosa en caliente (HMA). La publicación se centra en las fases de diseño y aceptación del proceso de construcción.

Los resultados de la encuesta indican que el ensayo Lottman modificado y el ensayo HWTT, ensayo de pista con la rueda de Hamburgo (AASHTO T 324,) son los dos métodos más utilizados para evaluar la susceptibilidad a la acción del agua de las mezclas asfálticas, tanto en la fase de diseño de la mezcla como en la de producción. La encuesta también revela que el uso de aditivos promotores de la adhesividad es necesario en todos los estados en los que el tipo de árido predominante es propenso al “stripping” o en los que se habían observado en el pasado daños en los pavimentos inducidos por la humedad.

<http://bit.ly/3IEsTFB>



The national cooperative highway research program (NCHRP)



En 1962 los responsables ejecutivos de la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) iniciaron un programa nacional sobre investigación de las carreteras utilizando técnicas científicas modernas: el Programa Nacional de Investigación Cooperativa de Carreteras (NCHRP). Financiado por los estados miembros participantes de la AASHTO, el NCHRP también recibe apoyo técnico crítico de la Administración Federal de Carreteras (FHWA), del Departamento de Transporte de los Estados Unidos.

El programa anual de investigación se desarrolla sobre la base de las necesidades de investigación identificadas por los administradores jefe y otros miembros del personal de los departamentos de carreteras y transporte, por los comités de la AASHTO y por la FHWA. Los temas de mayor mérito son seleccionados por el Comité Especial de Investigación e Innovación (R&I) de la AASHTO, y cada año las recomendaciones del R&I se proponen al Consejo de Administración de

la AASHTO, a las Academias Nacionales y a la FHWA. El NCHRP define el alcance de los proyectos de investigación para abordar estos temas, y los organismos de investigación cualificados se seleccionan a partir de las propuestas presentadas. La administración y vigilancia de los contratos de investigación son responsabilidad de las Academias Nacionales y el TRB.

A lo largo de estos 50 años, el programa NCHRP ha generado una extensísima colección de informes y documentos técnicos sobre el sector de la carretera, incluyendo también las temáticas de pavimentación. En el siguiente enlace se puede acceder al repositorio de las publicaciones generadas.

<https://www.trb.org/Publications/PubsNCHRPPublications.aspx>

El repositorio permite búsquedas temáticas. En el caso del área relativa a pavimentos se puede acceder a las publicaciones a través del siguiente enlace

<https://nap.nationalacademies.org/topic/461/transportation-and-infrastructure/pavements>



asefma

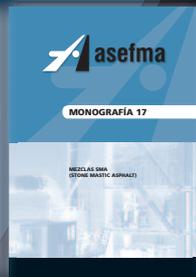
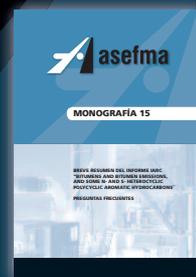
“reforzamos el firme, consolidamos el futuro”
“by reinforcing pavements, we guarantee the future”

Digital impact of @asefma_es through Twitter, Facebook, Instagram and LinkedIn social networks

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



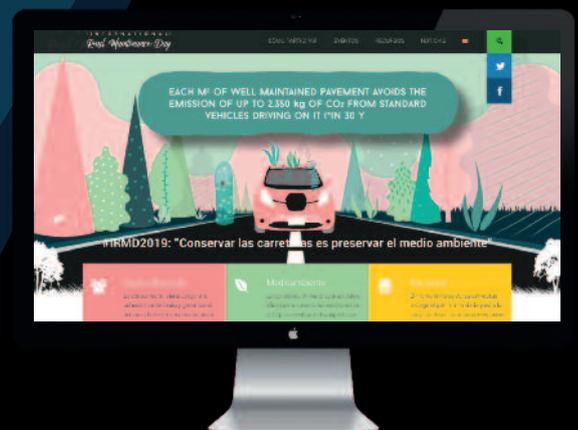
Últimas monografías publicadas Most recent monographs



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

www.roadmaintenanceday.org

Catálogo de Capacidades Técnicas Catalogue of Technical Capacities



Síguenos en: / Follow us on:

- @asefma_es
- @asefma
- @asefma
- company/asefma

www.asefma.es

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS OF ASPHALT MIXES

Avda. General Perón, 26
28020 Madrid (Spain)
www.asefma.es

T.: +34 911 293 660
F.: +34 911 293 566
E.: asefma@asefma.com.es

Digitalización en el mantenimiento de las carreteras y vías urbanas

Los gestores de las infraestructuras viarias suelen tener que bregar con una escasez de recursos económicos para mantener en razonable estado de conservación dichas infraestructuras. Bajo estas circunstancias de escasez de recursos económicos, resulta imprescindible disponer de información veraz y actualizada para la toma de decisiones.

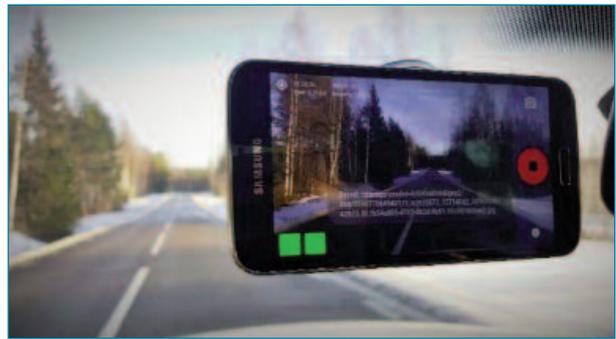
Tradicionalmente son dos los métodos de evaluación de estado de los pavimentos: la inspección visual y la auscultación. Los sistemas de tratamiento y captación de imágenes han permitido ir arrinconando la necesidad de la inspección visual por métodos automatizados, como es el caso de la cuantificación y catalogación de las fisuras de los pavimentos, quedando el factor humano para tareas más complejas en las que se necesitan analizar diversos criterios simultáneos para determinar el origen y el alcance de los deterioros de los firmes y pavimentos.

Las técnicas de auscultación, debido al coste que implican, se suelen reservar para realizar evaluaciones relativamente complejas bien con la finalidad de analizar la evolución de los firmes y pavimentos o para evaluar el estado puntual de un tramo de carretera en el que está prevista una intervención de rehabilitación. Lo que sí suele ser habitual es que debido a la falta de recursos económicos y de personal, la toma de datos previa a las intervenciones de rehabilitación suele tener grandes demoras, por lo que las intervenciones necesarias en carretera de alto tráfico pueden ser infravaloradas debido al daño adicional acumulado entre el momento de la auscultación y el de la intervención de rehabilitación.

Hace aproximadamente una década, surgieron las primeras aplicaciones de auscultación de carreteras basadas en dispositivos de bajo coste, generalmente teléfonos móviles, que permitían caracterizar el estado de los pavimentos basándose en la repetición de mediciones aunque estas, a nivel individual, tuviesen mucha mayor incertidumbre que las obtenidas con equipos de auscultación profesional. El uso de mediciones repeti-

das permitía acotar la incertidumbre de las mediciones mediante tratamiento estadístico.

Los resultados obtenidos podían considerarse aceptables y esto hizo que su desarrollo para la evaluación de carreteras de baja intensidad de tráfico, en las que normalmente no se utilizaban sistemas de auscultación más complejos, permitiese cubrir un nicho de mercado muy interesante y facilitar a los gestores de este tipo de infraestructuras viarias una herramienta a coste asequible.



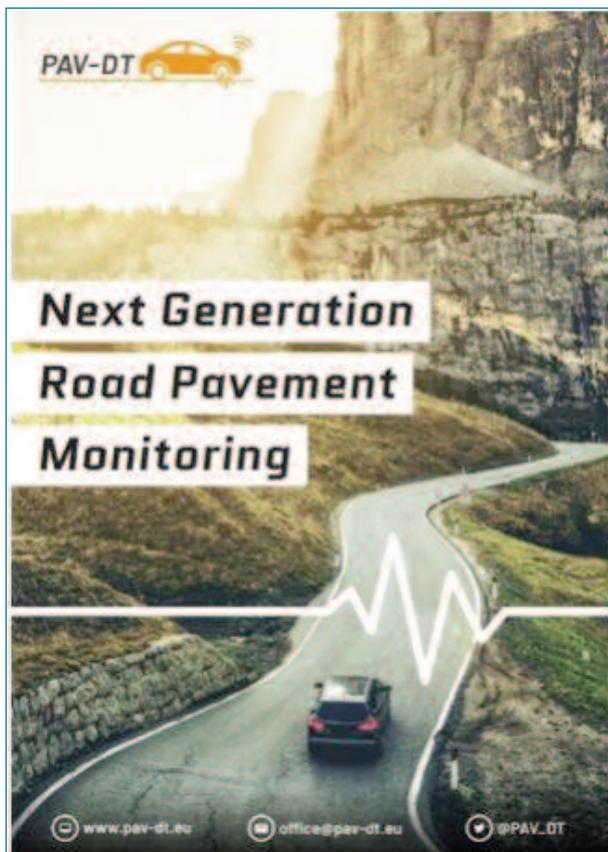
Fuente Roadroid

En 2013 el Center for Automotive Research dependiente de la administración del estado de Michigan (EE.UU) publicó un informe titulado "Pavement condition monitoring with connected vehicle data" y en el capítulo relativo a aplicaciones de datos de vehículos conectados para la supervisión del estado del firme se decía: ***"A corto plazo, lo más probable es que cualquier aplicación de datos V2X para la monitorización de la infraestructura física de transporte se aplique a las condiciones del pavimento. La transición a las fuentes de datos V2X no será sencilla para los gestores de programas de TAM. Sin embargo, es posible que las métricas basadas en datos V2X complementen o incluso suplan-ten a las métricas tradicionales en las próximas décadas"***.

Como veremos a continuación, este pronóstico no solo se ha cumplido, sino que los resultados obtenidos

han superado, con creces, las expectativas antes citadas.

Desde estas primeras experiencias se ha producido una clara evolución en las tecnologías de auscultación basadas en métodos “no convencionales”. Por un lado, se han desarrollado y mejorado las tecnologías basadas en instrumentación de bajo coste. Así, tenemos desde sistemas que utilizan teléfonos móviles o cámaras dotadas con acelerómetros hasta dispositivos de bajo coste diseñados para ser instalado en vehículos pertenecientes a las empresas y administraciones públicas que realizan el mantenimiento de las carreteras. Un buen ejemplo de este último caso es el proyecto PAV-DT desarrollado en España.



Es de reseñar, que desde el punto de vista de los usuarios de este tipo de información: las administraciones públicas, uno de los elementos valiosos de todas estas nuevas tecnologías de auscultación es la posibilidad que ofrecen de georreferenciación. De esta manera, la información capturada puede ser fácilmente incorporada a los inventarios GIS que las administraciones de ca-

rrerteras suelen tener. También es de destacar que la mayoría de estos sistemas de auscultación facilitan, paralelamente, imágenes de las carreteras y de sus zonas circundantes por lo que se pueden generar video inventarios actualizados a costes realmente bajos.

De esta manera, incluso las administraciones de carreteras con menos recursos están teniendo acceso a herramientas de gestión de su red de carreteras, medios que antes solo eran accesibles a los gestores de las redes de alto tráfico.

Si todo lo visto hasta ahora ya supone un gran salto tecnológico, el cambio disruptivo proviene del sector de la automoción. Los vehículos más modernos van equipados con gran cantidad de sensores que hasta ahora tenían dos finalidades fundamentales, aumentar la seguridad y el confort durante la conducción y facilitar información a los fabricantes de automóviles para mejorar sus productos.

La irrupción de los vehículos automatizados/autónomos ha acelerado substancialmente el proceso de sensorización de los vehículos. De hecho, la toma de datos está orientada en muchos casos a los procesos de “aprendizaje” de los sistemas de conducción automatizada.

De esta manera, los fabricantes de vehículos se han convertido en grandes acumuladores de datos que pueden explotar bien para sus desarrollos internos o para comercializarlos de forma desagregada. La compra o el alquiler de un vehículo supone en estos momentos un proceso similar al que todos realizamos al autorizar las cláusulas de las numerosas App de nuestros teléfonos móviles o de cualquier otro dispositivo electrónico.

Con los datos capturados por los vehículos, ya hay empresas que están procediendo a su explotación facilitando información relevante a las administraciones de carreteras. Es de recalcar que el paso del “dato” a la Información”, que es algo característico del big-data, requiere de un conocimiento muy específico, ya que a la experiencia en el manejo de datos digitales hay que unir el conocimiento del entorno al que van dirigido, en este caso al sector de las infraestructuras viarias.

Los elementos claves de la captura de datos desde los vehículos es que se facilita información en tiempo real del estado de la superficie de los pavimentos. De

esta manera, se puede facilitar a los vehículos eléctricos que tipo de tracción es el más adecuado para un tramo específico de carretera. Por lo tanto, estamos hablando de servicios de información en tiempo real dirigidos a los usuarios y a los gestores de las carreteras.

dría ser el equivalente a que cada x años se cambiase el método de medida, sustituyendo el IRI por otro parámetro. En este caso, al menos nos quedaría el recurso de hacer estudios de correlación entre parámetros de medida, pero si la información proviene de los fabrican-



Densidad de la toma de datos procedentes de vehículos. Fuente: Nira Dynamics

Lo más apasionante sobre lo que está ocurriendo es que, no solo se está captando información que se obtenía anteriormente por medios convencionales de auscultación, como puede ser el IRI, sino que se facilita información predictiva, como puede ser identificar la posibilidad de que el trazado o el pavimento de una curva esté generando comportamientos anómalos en la conducción de los vehículos, lo que es una señal premonitoria de un accidente. Nunca los gestores de las infraestructuras viarias habían tenido en su mano información tan valiosa para la toma de decisiones.

Pero este modelo descentralizado de captura de datos también tiene su cara B que exige tomar ciertas precauciones. Por una lado, la captura de datos depende de terceras partes que en un momento dado pueden restringir o modificar la forma en que se toman, lo que hace que la comparación de series históricas rompa su continuidad. En términos de regularidad superficial, po-

tes de automóviles la capacidad de negociación para hacer la conversión parece más bien reducida.

Una segunda derivada es el coste de la información. Ahora sabemos el coste de realizar auscultaciones de las características superficiales de los pavimentos, pero el depender de otras empresas ajenas a nuestro sector puede generar incertidumbres. En tanto en cuenta se simultanean ambos orígenes de los datos, podríamos disponer de alternativas, pero si el mercado se vuelca hacia el uso del big-data estaremos en manos de otros sectores.

Una tercera consideración es la relativa a los recursos humanos necesarios para hacer esta transición. Las administraciones de carreteras disponen de especialistas que durante décadas han manejado adecuadamente datos de auscultación procedentes de empresas especializadas u obtenidos con recursos propios. La llegada del big-data exige nuevos perfiles profesionales

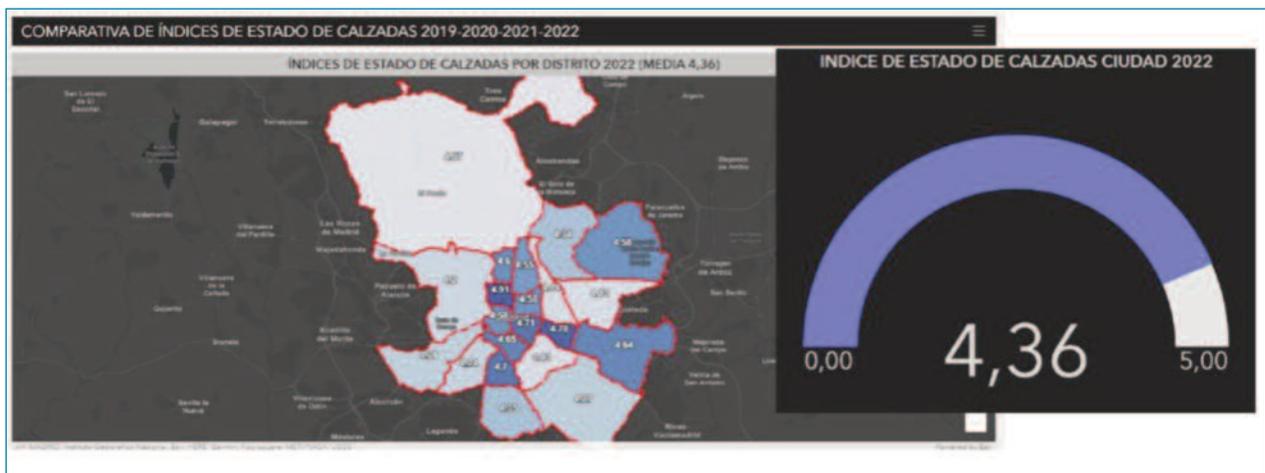
Digitalización en el mantenimiento de las carreteras y vías urbanas

para saber interpretar los nuevos tipos de datos.

A pesar de que existen algunos inconvenientes o cortapisas como los anteriormente enumerados, la relación riesgo/beneficio parece claramente volcada hacia el lado positivo. No existe mejor forma de convencer a los escépticos que mostrar el potencial de este tipo de tecnologías con un caso práctico. Un muy buen ejemplo es el que el Ayuntamiento de Madrid presentó en la XVII Jornada Nacional de Asefma. Se ha desarrollado un índice del estado de los pavimentos de sus calles basado en toma de datos de los vehículos que circulan por su red viaria, proporcionando un cuadro de mando actualizado del estado de sus pavimentos.

los de análisis del deterioro que permitan identificar que métodos constructivos y materiales proporcionan los mayores niveles de sostenibilidad ambiental, económica y social.

También es cierto, que de poco sirve saber con gran precisión y en tiempo real que el estado de los pavimentos no es el adecuado si, paralelamente, no se ponen los medios para mantenerlos adecuadamente.



Fuente: Ayuntamiento de Madrid

La información actualizada en tiempo real facilita claramente la toma de decisiones sobre las inversiones futuras que son necesarias para conseguir unos niveles de calidad determinados, lo que es clave para que los gerentes de las infraestructuras viarias puedan “pelear”, con criterios objetivos, las disponibilidades presupuestarias con sus responsables políticos.

Como conclusión, podemos afirmar que la digitalización ha entrado de forma disruptiva en el campo de la gestión de las infraestructuras viarias, facilitando nueva información o información que ya existía a costes más reducidos y, especialmente, con una actualización casi continua. De esta manera se podrá realizar una asignación más eficiente de los recursos para el mantenimiento de la red o, incluso, desarrollar nuevos mode-

Observatorio del sector

Producción en Europa de Mezclas Bituminosas en 2021

A finales de año la European Asphalt Paving Association (EAPA) publica en el informe “Asphalt in Figures” la recopilación de datos de producción de mezclas asfálticas facilitados por las diversas asociaciones nacionales que componen EAPA. En este caso, los datos publicados corresponden a la anualidad 2021 <https://eapa.org/asphalt-in-figures/>

Los resultados facilitados por EAPA muestran que España ha quedado situada en el 7º lugar en el ranking de producción de mezclas bituminosas.

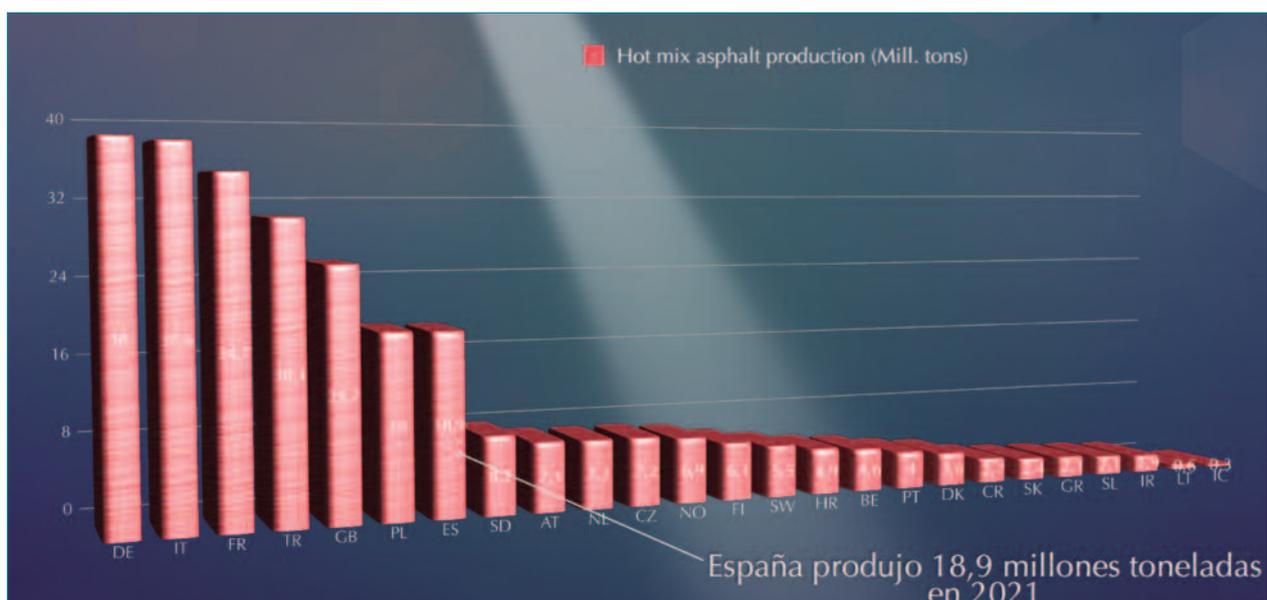
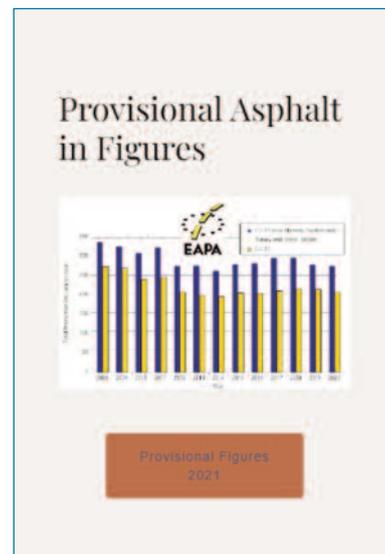


Figura 1. Producción de mezclas bituminosas en Europa (fuente EAPA)

Secciones fijas

Estos datos de producción, sin contexto, pierden gran parte de su significado. Al comparar los diversos países europeos hay que tener en cuenta la superficie y la longitud de la red de carreteras. En el caso de España, se nos olvida muchas veces que, en Europa, España es el segundo país más extenso, pero el tercer y cuarto lugar lo ocupan Suecia y Noruega, países con grandes zonas despobladas (Figura 2)

Para tener una referencia aún más adecuada, mejor que comparar basándose en la superficie es comparar con base en la longitud de las redes de carreteras de cada país y, en este aspecto, España vuelve a estar situada en segundo lugar, tras Francia (Figura 3).

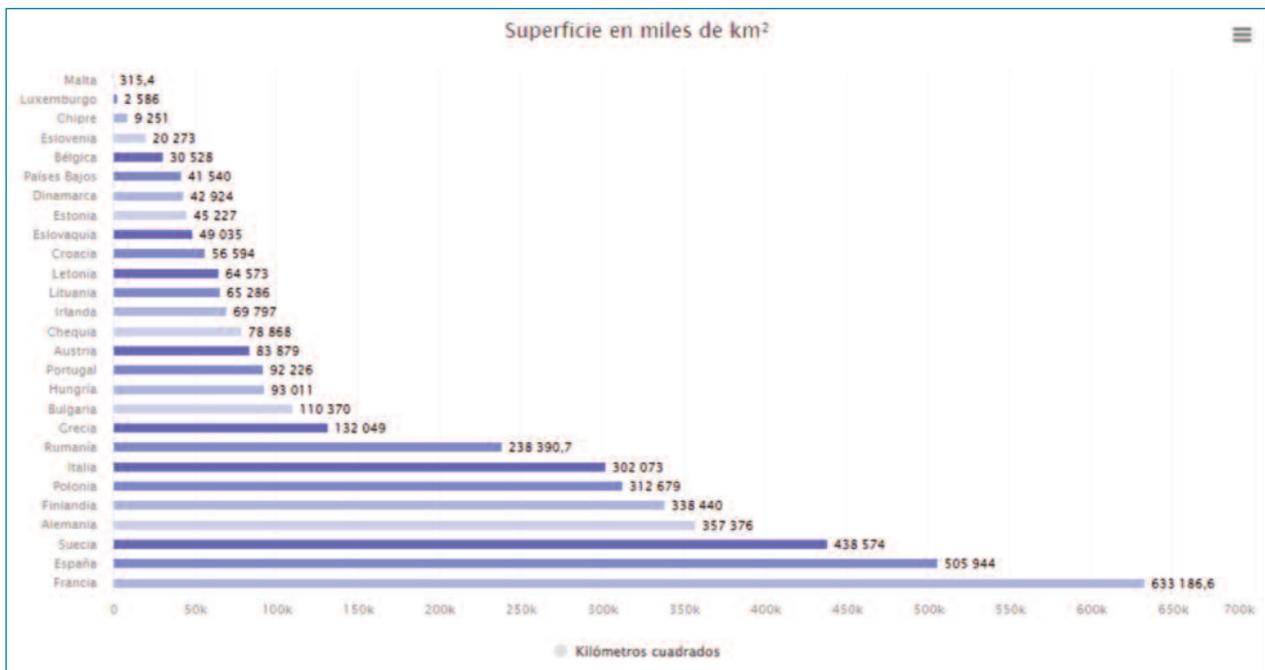


Figura 2. Superficie de los países europeos (fuente Eurostat)

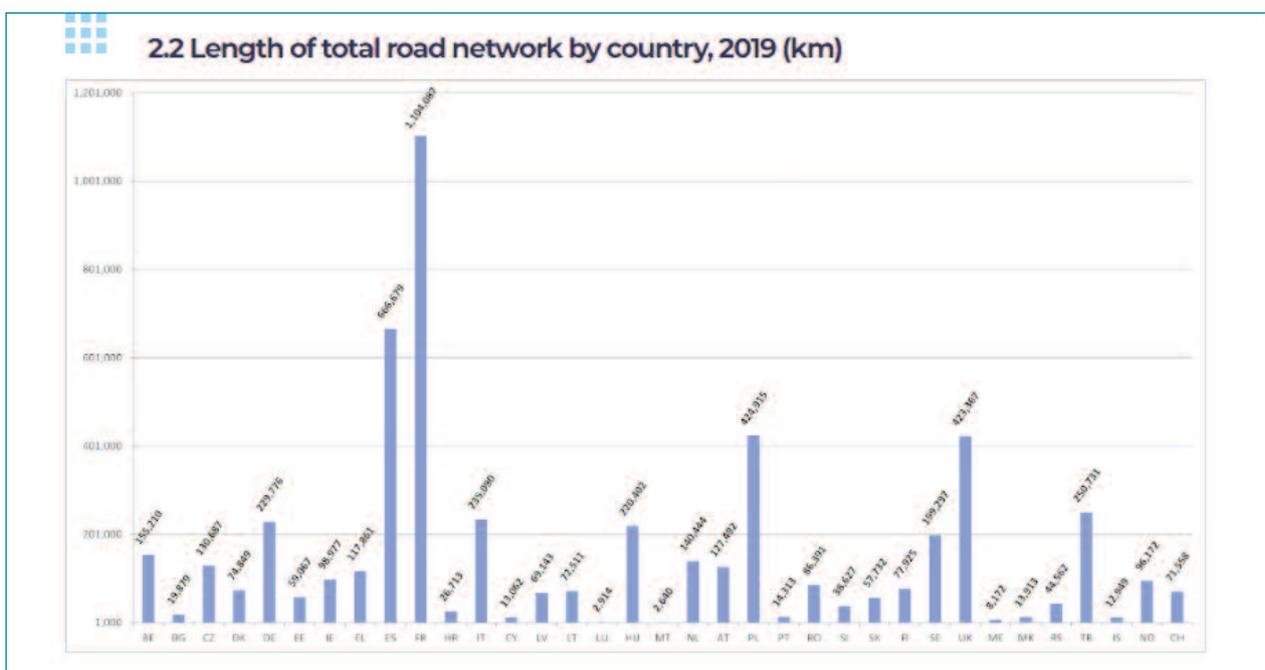


Figura 3. Longitud de las redes de carretera en Europa en 2019 (fuente ERF)

Además, si comparamos la longitud de la red de carreteras de España con la de los dos siguientes países (Polonia y Reino Unido) la diferencia es muy sustancial (casi un 60% superior). De esta manera, el posicionamiento de España, en cuanto a producción de mezclas bituminosas, muestra la verdadera dimensión del problema de conservación de nuestra red viaria.

Las carreteras son la principal “red social” de nuestra sociedad ya que sirven de base para proporcionar el acceso a derechos fundamentales como son la sanidad o la educación. Por lo tanto, su correcto mantenimiento es básico para mantener la calidad de vida de los ciudadanos.

Si comparamos la producción de España con la de Francia y la del Reino Unido, dos países que nos facilitan un buen marco de referencia a nivel de redes de carretera (34,7 y 25,7 millones de toneladas, respectivamente) parece lógico que la producción española estuviese en un punto intermedio entre ambos países. Posiblemente, una producción media anual de 30-32 millones de toneladas permitiría mantener en buen estado nuestra gran red viaria, pero inicialmente sería necesaria una inversión aún mayor para compensar el déficit acumulado en la última década que asciende a unos 165 millones de toneladas de mezclas bituminosas.

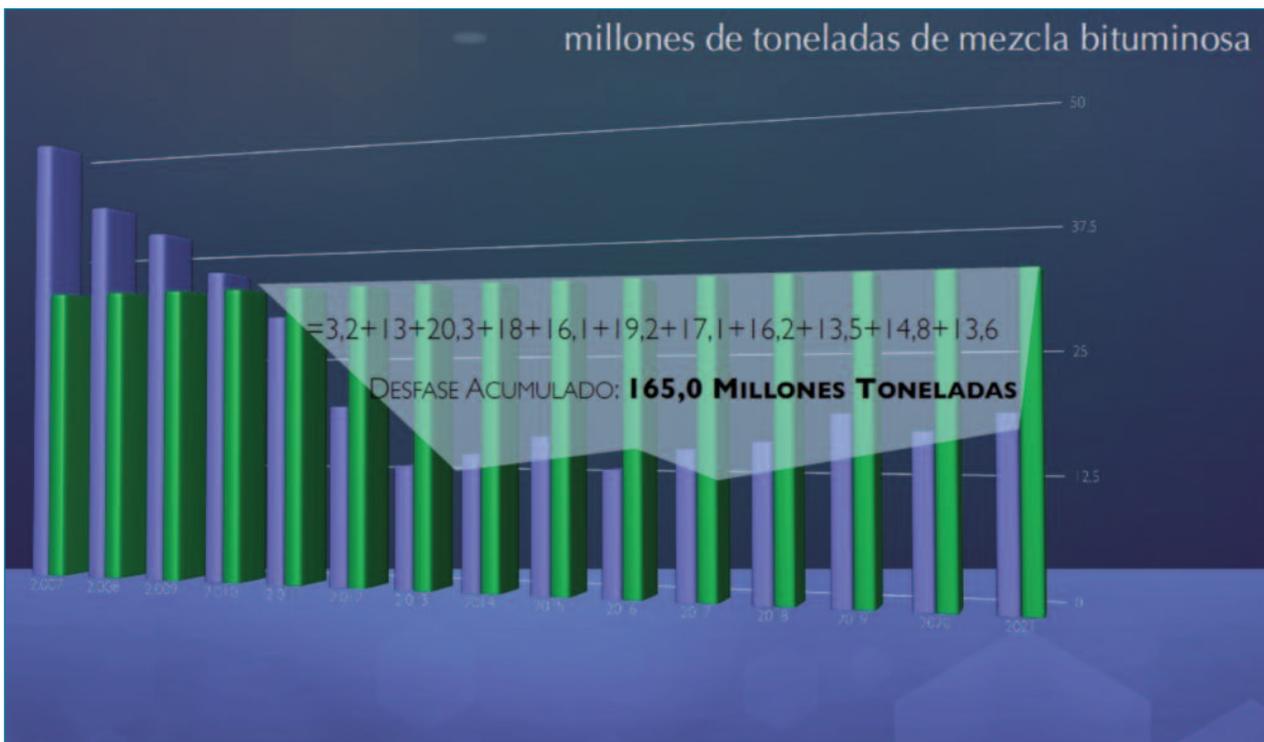


Figura 4. Desfase acumulado en la producción de mezclas bituminosas respecto a un nivel de producción basado en la longitud de la red de carreteras de España (fuente Asefma)



EVENTOS
VR / 3D

EVENTOS EN REALIDAD VIRTUAL 3D

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

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

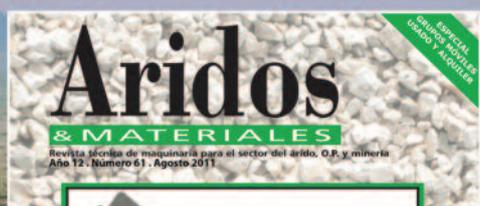
Estands virtuales multimedia · e-posters · presentaciones interactivas · encuentros profesionales · salas de reuniones online · auditorios virtuales · aulas digitales · espacios lúdicos y formales para interacción y networking · agenda digital de contacto de asistentes

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

realidadvirtual@itafec.com

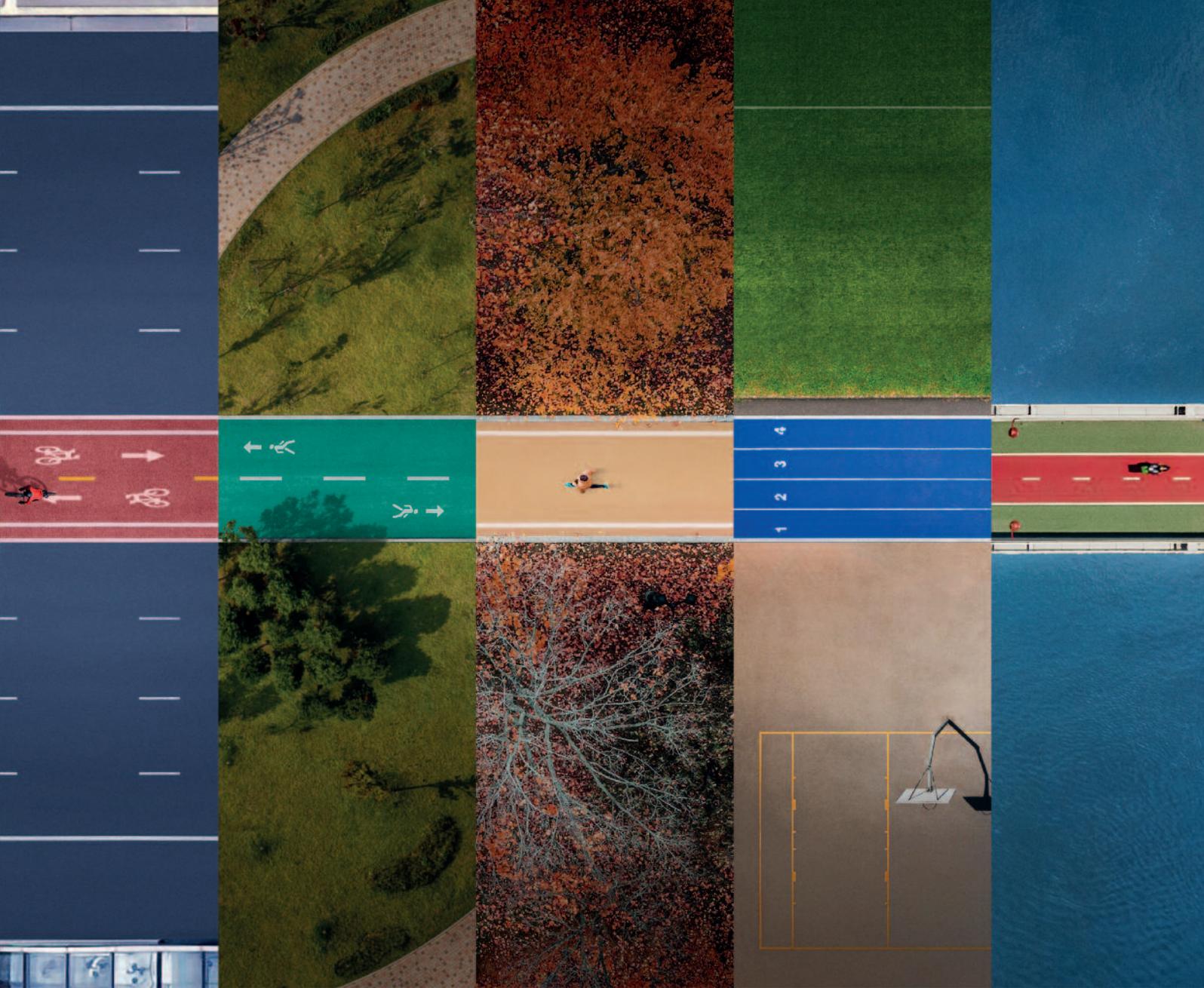
ESPECIALISTAS EN LA CARRETERA

Infraestructuras, equipamientos y materiales



Editorial Prensa Técnica

Castiello de Jaca, 29, 3º Puerta 2 • 28050 Madrid
Tel. 91 287 71 95 • Directo 629 877 460
E-mail: info@editorialprensatecnica.net
Web: www.editorialprensatecnica.net



Asfaltos Repsol, juntos creamos nuevos caminos en el diseño de nuestro entorno



Inventemos el futuro

En Repsol **trabajamos a tu lado** para ofrecerte las soluciones de pavimentación que necesitas en cada proyecto. Y para ello, hemos desarrollado **Repsol Color**, una gama de **ligantes sintéticos pigmentables** de **alto rendimiento** para zonas especiales.

- **Fácil pigmentación**, gracias a su formulación especial desarrollada en el Repsol Tech Lab.
- **Alta resistencia** al envejecimiento y oxidación.
- **Personalización**, permitiendo realizar mezclas para obtener el color que deseas.
- **Versatilidad** para una perfecta integración paisajística en todo tipo de entornos, como parques y zonas protegidas.



Repsol Compromiso
Cero Emisiones Netas
2050



Descubre más
aquí