

# ASFALTO

## Y PAVIMENTACIÓN

Número 56 · Volumen XV · Primer trimestre · 2025

número **56**





**VIATOP<sup>®</sup>** *plus RC*

Das Pellet.

.....

con un rejuvenecedor  
sostenible para mezclas con  
mayores tasas de fresado



Número 56 · Volumen XV  
Primer trimestre · 2025

#### ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

##### Director

Juan José Potti

##### Comité de Redacción

María del Mar Colás,  
Andrés Costa, Jesús Felipo,  
Jacinto Luis García Santiago,  
Lucía Miranda, José Luis Peña,  
Ángel Sampredo, 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 56 · Volumen XV · Primer trimestre · 2025

## Editorial

Ordenes circulares muy relevantes

05

## Tribuna

Pepe Soto

07

## Tribuna

Jesús Felipo Sanjuan

09

## Tribuna

Andrés Pérez

11

## Aplicación del concepto de diseño balanceado a mezclas templadas con emulsión asfáltica. Una apuesta a la sostenibilidad de pavimentos

11

Fernando Martínez - Luis Zorzutti - Sebastián Andreoni  
- Marina Cauhape Casaux - Silvia Angelone

## Secciones fijas

Ensayos

25

## Evaluación del grado de envejecimiento en laboratorio de mezclas en caliente y semicalientes fabricadas con espuma de betún

29

Pablo Álvarez Troncoso - Aida Marzá Beltran - Carlos Quintana Gálvez

## Secciones fijas

Normativa, Mirando al Pasado, Calendario, Noticias del Sector, Aleas, Lecturas Recomendadas, Digitalización del Sector, Afimaciones Asfálticas

37



2024



2025

New Year, New Name, Same Goal

**to be your road to green solutions**



[asphalt.emea@vidara.com](mailto:asphalt.emea@vidara.com)  
[www.vidara.com](http://www.vidara.com)

# Ordenes circulares muy relevantes

parece una tradición que, en los últimos meses del año, cuando se acerca la Navidad, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, publique una serie de órdenes circulares de enorme importancia para el sector viario. No hay más que echar la vista atrás y comprobarlo., y este año no podía ser menos.

Con fecha 15 de noviembre se ha publicado la orden circular O.C. 3/2024 que lleva por título **“Cálculo de la huella de carbono (etapas de A1 a A5) de la construcción o rehabilitación de firmes”**. Sin lugar a duda, y tal como se expresa en el texto, esta supone un avance en la difusión y aplicación de las metodologías de cálculo de la huella de carbono generada por las actividades propias de la Dirección General de Carreteras.

En concreto, se aprueban los criterios adoptados para el cálculo de la Huella de Carbono (HC) de las secciones de firme y de formación de explanada en las etapas de fabricación del producto (módulos o etapas A1, A2 y A3) y de las propias del proceso de construcción (módulos o etapas A4 y A5). A partir del cuadro para formación de explanadas establecido en la vigente 6.1 IC “Secciones de firme” y de las secciones de firme establecidas en ella, según una serie de supuestos y simplificaciones, se establece un procedimiento de cálculo para establecer los factores de emisión (FE) y determinar la huella de carbono (HC) en cada caso.

Uno de los aspectos que demuestra el nivel de desarrollo existente en España sobre estos temas, relativo a las Declaraciones Ambientales de Producto (DAP), se demuestra en la tabla 1 del anexo de esta orden circular en la que figuran las “Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de materiales para firmes (módulos o etapas A1+A2+A3)”, obtenidos a partir de los datos de varias entidades que ya disponen de

ellos, como son los casos de las DAP de Asefma, Anefa, Repsol, Ieca y Anefhop. Conviene recordar que esta información, en España, sigue siendo de carácter voluntario.

Sin lugar a dudas, este trabajo que pone de manifiesto unas conclusiones muy claras, al menos en lo que respecta a las etapas A1 a A5.

La orden circular establece que: “...en todos aquellos proyectos de la Dirección General de Carreteras en los que se prevea que se realizará una superficie total igual o superior a 10.000 m<sup>2</sup> de firmes de nueva construcción de tipo flexible, semiflexible, rígido o semirrígido y/o como resultado de rehabilitación de firme existente, se deberá calcular la huella de carbono...”, lo cual implica un paso claro al frente en materia de emisiones de GEI.

Unos días más tarde, concretamente el 22 de noviembre, se ha publicado la orden circular O.C. 4/2024 que lleva por título: **“Sistema de gestión de la calidad en obras de la Dirección General de Carreteras”**

En este caso el objetivo es la implantación de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) que cubra el ciclo de vida completo de las infraestructuras viarias. Como primera fase de esta tarea se pretende consolidar el sistema de gestión en la fase de construcción, para las obras dependientes de la Subdirección General de Proyectos y Obras, descrito en esta O.C. 4/2024.

Y apenas unos días más tarde, también se publicó orden circular O.C. 5/2024 sobre el sistema de clasificación RCEclass (v1.0), lo cual supone un hito muy importante en el camino hacia la digitalización, y más en concreto, en la implementación de la metodología BIM en los proyectos y obras de la Red de Carreteras del Estado (RCE).

En definitiva, en esta O.C. 5/2024 se establece el lenguaje común, único y estandarizado de los proyec-

tos y obras de carreteras para que se pueda implementar la metodología BIM en contratos con requisitos BIM, siguiendo los ritmos del Plan de implementación BIM, publicado por la Comisión Interministerial.

RCEclass se caracteriza por ser un sistema multicriterio de aplicación tanto a los elementos 3D de los modelos BIM como al nombrado de los archivos que se generen en los contratos sometidos a requisitos BIM.

Asimismo, se caracteriza por haber sido definido teniendo en cuenta, entre otros aspectos, las necesidades y condicionantes de la Dirección General de Carreteras y, en particular, la situación y previsible evolución de los sistemas de gestión de activos empleados durante la fase de operación.

Sin lugar, a dudas, estamos ante tres órdenes circulares muy relevantes que van a tener unas consecuencias muy claras en el área de la sostenibilidad, de la digitalización y de la gestión de la calidad, y que, por todo ello, van a afectar a muchas obras de carreteras en España.

# El futuro de las carreteras: Digitalización y Autopistas Inteligentes



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

✉ @soto228pepe

Estamos entrando en una nueva era de transformación digital y el mundo de las carreteras, como no podía ser de otra manera, también se prepara para ese cambio (aunque la I.A. existe desde hace casi 70 años) que podríamos calificar de radical. Con la Digitalización y por ende, el desarrollo de Autopistas Inteligentes, se está revolucionando, no solo la manera en la que diseñaremos y construiremos las infraestructuras viales, sino también cómo las gestionaremos y conservaremos.

Todo este cambio, que ya ha empezado a afectar a las carreteras del futuro, ¿cómo va a influir en nuestras carreteras actuales? ¿Es necesario un proceso de adaptación previo? Vamos a intentar analizarlo.

Tradicionalmente las carreteras han sido estructuras pasivas, diseñadas para soportar el tráfico de vehículos durante décadas siempre y cuando su conservación fuese la adecuada con actuaciones de conservación periódicas. Sin embargo, ahora, si miramos hacia el futuro, se nos está proponiendo un enfoque radicalmente distinto con la construcción de Autopistas Inteligentes en donde se integrarán sistemas sensoriales que controlarán los cambios y alteraciones en las diferentes variables como seguridad, confort, necesidad de conservación, marcas viales etc. exigidas a la carretera, pues tendremos conectividad activa y un análisis de datos que transformarán nuestras carreteras en elementos “vivos” del sistema del transporte.

Estos sistemas sensoriales, de monitoreo inteligente, nos permitirá obtener y recopilar datos en tiempo real sobre el estado del pavimento, la intensidad del

tráfico, las condiciones meteorológicas, accidentalidad etc. Con toda esta información podremos anticiparnos a problemas así como una mejor gestión de los recursos disponibles. Por ejemplo, en un pavimento en el que se inicia la formación de microfisuras, los sensores alertarán a un sistema central que, mediante un algoritmo determinado, permitirá encontrar la mejor solución al problema con reparaciones preventivas, antes de que éste se convierta en un problema mayor.

Como decíamos al principio, el impacto en la etapa de Diseño, la digitalización introduce nuevas herramientas como modelos BIM (Building Information Modeling) y simulaciones virtuales que facilitarán la planificación de proyectos. Estos modelos también optimizarán la Construcción además de integrar sistemas inteligentes desde el inicio, como paneles solares o balizas conectadas para vehículos autónomos. Podremos visualizar previamente el proceso completo del proyecto y de la construcción en cualquier tipo de obra, conservación e incluso demolición para su reutilización, aportando mayor precisión en mediciones y presupuestos por medio del modelado.

Esta integración de tecnologías inteligentes requerirá repensar en nuevos materiales y técnicas constructivas. Por ejemplo, los sensores incrustados en el pavimento necesitarán colocarse en aquellas capas específicas del firme para garantizar su durabilidad y conectividad, por lo que los métodos tradicionales de extendido y compactación deberán adaptarse para evitar dañar a estos componentes electrónicos.

Llegado a este punto, la pregunta, supongo, que nos hacemos todos es ¿qué pasará con las carreteras

actuales?

No podemos olvidar que disponemos de una extensa red de carreteras diseñadas y construidas de acuerdo con “el plan antiguo”, ¿seremos capaces de digitalizarlas o sería más práctico construir nuevas carreteras inteligentes desde cero? La pregunta del millón.

La respuesta dependerá de muchos factores, pero lo cierto es que no podemos ignorar a las carreteras actuales y su estado de conservación ya que éste será fundamental para preparar estas infraestructuras viales para la digitalización. Este proceso implicará:

- Revisar el estado estructural del firme antes de incrustar sensores u otras tecnologías. Es imprescindible garantizar que el firme existente sea lo suficientemente resistente y duradero.
- Modernizar los materiales ya que muchas carreteras actuales no están diseñadas para soportar las cargas que implicará la digitalización. Disponer de mezclas asfálticas más duraderas y reciclables serán claves para esta transición.
- Adaptación y/o en su caso implantación de sistemas de gestión. Las carreteras digitales necesitan sistemas centralizados que integren y recojan datos de múltiples fuentes lo que requerirá inversiones en software y formación de personal técnico.

La digitalización de las carreteras promete numerosos beneficios como la reducción de accidentes, la optimización del tráfico, disminución de emisiones y costes de conservación más bajos gracias a su enfoque preventivo. No obstante también plantea retos significativos como los altos costes iniciales (de esto no se habla mucho), la necesidad de estandarización tecnológica y la formación de especialistas en estas nuevas técnicas.

Así pues, desde mi punto de vista, la digitalización de las carreteras no es una opción, sino una necesidad en un mundo que cada vez nos exige más eficiencia y sostenibilidad. Si bien las autopistas inteligentes representan el futuro, es crucial que las carreteras actuales no queden rezagadas y se vayan actualizando al mundo digital, pues no deberíamos llegar a tener una red de carreteras en donde, las construidas bajo los mimbres de la digitalización convivan con las antiguas ca-

rrerteras. Esto nos llevaría a graves problemas, pues vehículos interconectados que circulando por una autopista inteligente de nueva generación, al entrar en otra construida con las especificaciones antiguas, carentes de monitores y de conectividad, podrían sufrir accidentes por falta de información.

Una conservación preventiva adecuada, combinada con un enfoque estratégico en la implementación de nuevas tecnologías, permitirá, poco a poco, transformar nuestras infraestructuras viales en verdaderos motores de innovación.

El desafío está en nuestras manos construyendo carreteras inteligentes para que el tráfico sea cada vez más conectado y seguro para todos.

# El pavimento urbano. Mucho más que una simple superficie



**Jesús Felipo Sanjuan**  
Editor Revista  
Asfalto y Pavimentación

Dentro del campo de la pavimentación asfáltica, una de las especialidades que destaca es la pavimentación urbana. Varias son las cuestiones que hacen de este tipo de pavimentación una actividad cuya importancia es cada vez mayor.

Por una parte, la superficie de vías urbanas existentes. Algunas estadísticas indican que las vías dependientes de los municipios alcanzan el medio millón de kilómetros, de las cuales las puramente urbanas tienen más de 100.000 km de longitud (casi cuatro veces más longitud que las carreteras del Estado).

Por otra parte, los pavimentos urbanos juegan un papel fundamental en la movilidad segura en las ciudades. Los pavimentos son imprescindibles para cubrir las necesidades de movilidad que tiene el ciudadano, tales como ir al trabajo, acudir a los colegios o a centros de salud, por lo que se debe asegurar el buen estado de los mismos con una conservación adecuada.

También existe otro factor que hace a esta pavimentación tan destacada que es la posibilidad que tiene para mejorar la sostenibilidad en las ciudades, actuando en factores tan importantes como, por ejemplo, la contaminación acústica y ambiental.

Cuando se habla de pavimentación de vías urbanas hay que considerar una serie de aspectos específicos, que la diferencian de la pavimentación de las vías interurbanas, y que van a marcar cuáles son las necesidades que deben cubrir los pavimentos obtenidos. Entre estos aspectos destacan la **tipología y ca-**

**racterísticas del tráfico urbano** (habitualmente con elevada intensidad media diaria, con poco tráfico pesado, velocidad lenta con acciones de aceleración, deceleración y frenadas), **existencia de aparcamientos junto a los carriles de circulación** (con esfuerzos tangenciales importantes y con posibles vertidos de aceites y grasas), **condiciones impuestas por los servicios** (roturas y reparaciones de los pavimentos para acceder a los servicios, existencia de arquetas y pozos de registro) o la **elevada intensidad** de señalización horizontal, necesaria para la obligada convivencia entre el peatón y el vehículo, que obliga a diseñar pavimentos seguros y cómodos, también para el peatón.

Además de las necesidades estructurales, los pavimentos urbanos deben tratar de afrontar algunos de los problemas más significativos en las ciudades, como son las cuestiones medioambientales (contaminación del aire, ruido) y de seguridad.

Ante estas circunstancias, la pavimentación asfáltica ha desarrollado soluciones bituminosas orientadas a resolver estas necesidades que, en la actualidad, tienen más relevancia. En consecuencia, se han desarrollado soluciones para mejorar la **seguridad vial** (como los pavimentos antideslizantes) o también soluciones con **funcionalidades medioambientales**.

Como es bien conocido, la contaminación del aire es uno de los problemas más importantes en las ciudades. En este sentido se han desarrollado **pavimentos descontaminantes fotocatalíticos**, que permiten reducir la concentración de NOx, mejorando la calidad del aire.

También la contaminación acústica es una de las grandes cuestiones a resolver, por las molestias y los efectos perjudiciales que generan en la salud. Es por ello que el empleo de pavimentos que sean capaces de reducir el ruido de rodadura generado por el paso de los vehículos se hace cada vez más imprescindible. Existen diferentes tipos de **pavimentos sono-reducto-**

## El pavimento urbano. Mucho más que una simple superficie.

res que, además de reducir la contaminación acústica, cubren las necesidades estructurales y funcionales que pueda tener el pavimento.

No quería terminar sin hablar brevemente sobre las soluciones estéticas que se han desarrollado en los últimos tiempos, y que tienen su aplicación más directa en los pavimentos urbanos. Entre dichas soluciones destacan el **asfalto impreso**, con diferentes formas y colores, el **asfalto pulido**, con una gran integración urbana del pavimento o las **mezclas coloreadas**, que permiten diferenciar usos de los pavimentos (carriles bici, zonas peatonales, zonas deportivas).

Éstos son sólo unos ejemplos de soluciones aplicables; el sector continúa desarrollando nuevos materiales y sistemas para cubrir las necesidades que puedan generarse en los pavimentos urbanos.

En definitiva, la pavimentación urbana tiene una importancia vital en la movilidad, seguridad y sostenibilidad de las ciudades. Es por ello que ASEFMA ha elaborado una monografía específica denominada “**Pavimentos asfálticos urbanos**”, donde se tratan todos los temas relacionados con este tipo de pavimentación.

#23

### AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Reciclar RAP es necesario, pero no es suficiente. Debe reutilizarse en mezclas bituminosas” (Editorial - Economía circular)

#SOSTENIBILIDAD\_Y\_MEDIO\_AMBIENTE

# Facundito mi bachecito



Mi sincero agradecimiento al Ayuntamiento de Tres cantos, a su Alcálde y a la Concejalía de Seguridad, Movilidad y Recursos humanos. Sin cuya colaboración, esta Tribuna no hubiera sido nunca posible.

Como persona traumatizada por el degenerado estado de nuestras carreteras, he decidido por recomendación facultativa, afrontar mis miedos e interiorizar con familiaridad mis aprensiones.

He ido descubriendo poco a poco y gracias a la innegable y denodada desidia de muchos responsables políticos, que las prisas del día a día me estaban privando de disfrutar de esos penosos e inseparables amigos de nuestros asfaltos, que no son otros que los baches.

Desde hace un año y sin apenas darme cuenta, ha ido creciendo en mí a la par que en él, un inmenso e insondable amor/socavón en una calle del Ayuntamiento Tricantino. Logrando que lo que empezó como una mirada furtiva y picarona entre usuario y pavimento, haya ido dando paso a una relación formal entre 2 entes.

En cuanto reparé en él, (que cruel juego de palabras, tratándose de un indefenso bache sin reparo) no sé si fue por su violenta forma de advertirme de su presencia con mi radio saltando del Alsina al Herrera que nos volvimos inseparables e inevitables.

Cada mañana me espera pacientemente a la salida de su curva para calibrar mi pericia y la resistencia de mi vehículo. Tanto hemos intimado, que con el há-

bito y la familiaridad del gesto ha hecho que me haya enternecido y le tuviera que poner un nombre.

Mi señor bache se llama actualmente Facundo y está alcanzando tan altas cotas de miseria y desprecio de su administración que está a punto de llamarse Don Facundo, gracias al respetable cono que muestra con orgullo.

Facundito mi bachecito empezó como todos los pequeños deterioros de nuestras capas de rodadura, con el abandono a su suerte de un pavimento al que sus responsables le suponen la "inmortalidad" y les exigen durabilidad eterna, acompañado este asfalto de una sorda y sumisa actitud.

Me produce cierta sensación de confianza, el saber que el pronto Don Facundo y yo nos volveremos a encontrar, presto a la sazón estará para rebuscar en el dial otra frecuencia con su empujón o castigar a mis traidoras llantas por no cumplir con mayor eficacia su deber kevlariano.

Presente mis respetos a su esposa Don Facundo y un pescozón a sus muchos hijos que no le paran de salir!





# Aplicación del concepto de diseño balanceado a mezclas templadas con emulsión asfáltica. Una apuesta a la sostenibilidad de pavimentos

**Fernando Martínez**  
fermar@fceia.unr.edu.ar

**Luis Zorzutti**  
zorzutti@fceia.unr.edu.ar

**Sebastián Andreoni**  
andreo26@fceia.unr.edu.ar

**Marina Cauhape Casaux**

mccasaux@fceia.unr.edu.ar

**Silvia Angelone**

isangelon@fceia.unr.edu.ar

Las Mezclas Templadas son mezclas asfálticas elaboradas por debajo de la temperatura de evaporación del agua donde el ligante empleado es una emulsión asfáltica. Al trabajar a temperaturas más bajas, los agregados pétreos no son secados por completo y se produce entonces un importante ahorro de energía. Son mezclas sostenibles que presentan notables ventajas medioambientales y energéticas con propiedades mecánicas que pueden asimilarse a las mezclas en caliente. Por otra parte, recientemente se ha propuesto un enfoque conceptual denominado Diseño Balanceado de Mezclas Asfálticas que incluye ensayos de desempeño a probetas debidamente acondicionadas y que simulen múltiples deterioros, el envejecimiento de la mezcla, el tráfico, el clima y demás condiciones de servicio del pavimento. La meta es obtener la combinación y proporciones adecuadas del ligante asfáltico, agregados pétreos y demás componentes de manera de obtener resultados favorables en los ensayos de desempeño relacionados con al agrietamiento y la deformación permanente. Este trabajo presenta la aplicación de este marco conceptual adaptado a las Mezclas Templadas con Emulsión mediante el empleo de técnicas de preparación de especímenes y un conjunto de ensayos de laboratorio que posibiliten valorar su desempeño frente a las acciones del tránsito y el clima.

**Palabras Clave:** Mezclas templadas - Diseño Balanceado de mezclas – Emulsión bituminosa – Desempeño mecánico.

Half Warm Mixtures are asphalt mixtures prepared at a temperature below the evaporation temperature of water where the binder is an asphalt emulsion. Working at lower temperatures, the aggregates are not completely dried and significant energy savings are produced. They are sustainable mixtures that present notable environmental and energy advantages with mechanical properties that can be assimilated to hot mixes. On the other hand, a conceptual approach called Balanced Mix Design has recently been proposed. It includes performance tests carried on properly conditioned specimens that simulate multiple deteriorations, the aging of the mixture, traffic, climate and other service conditions of the pavement. The goal is to obtain the appropriate combination and proportions of asphalt binder, stone aggregates and other components in order to obtain favorable results in performance tests related to cracking and permanent deformation. This work presents the application of this conceptual framework adapted to Half Warm Mixtures with Emulsion through the use of specimen preparation techniques and a set of laboratory tests that make it possible to assess their performance against the actions of traffic and climate.

**Keywords:** Half Warm Mixtures - Balanced Mix Design - Asphalt Emulsion - Mechanical Performance.

# Aplicación del concepto de diseño balanceado a mezclas templadas con emulsión asfáltica. Una apuesta a la sostenibilidad de pavimentos

## 1. INTRODUCCIÓN

Los requerimientos de sustentabilidad en la construcción, mantenimiento y rehabilitación de caminos se vinculan a reutilizar materiales, reducir la generación de residuos, minimizar el empleo de materiales vírgenes, reducir las demandas energéticas, moderar las emisiones de gases de efecto invernadero y extender la vida útil de las carreteras con un objetivo de mayor durabilidad de las mismas.

De una manera general, las mezclas asfálticas pueden ser clasificadas según su fabricación y colocación en dos grandes tipos: las mezclas asfálticas en caliente (MAC) y las mezclas asfálticas en frío (MAF).

En las primeras (MAC) se emplean cementos asfálticos que se calientan a elevadas temperaturas, superiores a los 150 °C de manera de reducir su consistencia y ser mezclados con los agregados pétreos para ser luego colocados en la carretera. Es el tipo de material empleado mayoritariamente en la construcción y mantenimiento de las carreteras en todo el mundo dado su excelente desempeño estructural. Sin embargo su producción demanda elevados consumos energéticos para alcanzar las altas temperaturas requeridas para su fabricación lo que conlleva además, emisiones de componentes volátiles de los ligantes asfálticos que son perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

Las segundas (MAF) se fabrican y aplican a temperatura ambiente por lo que no requieren ni calentamiento de los agregados pétreos ni del ligante asfáltico. Con el empleo de ligantes asfálticos con viscosidad reducida tales como las emulsiones asfálticas, estas mezclas demandan bajos consumos de energía y muy limitadas emisiones de sustancias perjudiciales con una óptima huella ambiental. Sin embargo su desempeño estructural es menos eficiente cuando se las compara con las mezclas en caliente, especialmente a corto y medio plazo.

Una alternativa más reciente corresponde a la generación de mezclas asfálticas elaboradas por debajo de la temperatura de evaporación del agua denominadas "Mezclas Templadas con Emulsión (MTE)" (Half-warm asphalt mixtures en inglés o Enrobes semi-tiedes en francés) en donde el ligante es una emulsión asfáltica. En las MTE la mezcla de áridos con la emulsión bituminosa se

produce a una temperatura de fabricación por debajo de los 100 °C de manera de obtener condiciones de puesta en obra y prestaciones adecuadas para el uso previsto en función del tipo de tránsito y el clima. Las mismas han tenido un desarrollo significativo en España y Portugal, donde se utilizaron para capas de base y rodamiento. Si bien no existen normas de diseño de estas mezclas a nivel internacional, tres referencias importantes son las recomendaciones de la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía [1], la monografía de la Asociación Técnica de la Emulsión Bituminosa [2] y las normas para el dimensionamiento de firmes de carreteras del País Vasco [3].

En trabajos anteriores se han analizado las propiedades viscoelásticas de estas Mezclas Templadas con Emulsión [4] así como las propiedades mecánicas de MTE con la incorporación de RAP. [5]. Autelitano et al. [6] han llevado a cabo un estudio experimental para determinar la trabajabilidad y las propiedades mecánicas de diferentes MTE respecto a la influencia de tres variables de diseño de la mezcla tales como la temperatura de compactación, el contenido de ligante y la granulometría de los agregados.

En lo que respecta a las mezclas asfálticas en caliente se ha propuesto más recientemente un enfoque metodológico de análisis de su desempeño mecánico y estructural denominado de una manera genérica como Diseño Balanceado de Mezclas (DBM).

El mismo es definido por la Administración Federal de Carreteras de los EE.UU (FHWA por su designación en inglés) como el "diseño de mezclas asfálticas utilizando ensayos de desempeño con probetas debidamente acondicionadas que consideren distintos modos de deterioro teniendo en cuenta el envejecimiento de la mezcla, el tránsito, el clima y la posición dentro de la estructura del pavimento".

Básicamente, consiste en diseñar una mezcla asfáltica para una aplicación prevista y un requisito de servicio. Más allá del procedimiento Marshall de diseño de mezclas asfálticas mundialmente utilizado con la prueba de Estabilidad-Fluencia, este enfoque metodológico pretende la valoración mecanicista del desempeño de la mezcla mediante ensayos que determinen la respuesta real de tensiones y deformaciones para dadas condicio-

nes de tiempo de carga y temperatura de manera que sus resultados se puedan vincular con un modelo de respuesta estructural para predecir el desempeño real de la capa asfáltica.

El mayor desarrollo de este enfoque metodológico ocurre en los Estados Unidos de Norteamérica aunque similares aproximaciones al diseño de mezclas con un rasgo mecanicista también se encuentran en otros países tales como Francia [7], México [8] o Australia [9].

El nombre de balanceado responde a que el proceso de diseño pretende ajustar los distintos parámetros de formulación de manera que satisfagan simultáneamente adecuados desempeños frente a los dos modos más frecuentes de deterioro de los pavimentos asfálticos: el agrietamiento por fatiga y la acumulación de deformaciones permanentes (ahuellamiento).

Por ejemplo, si se considera el contenido de ligante asfáltico como un parámetro de diseño de la mezcla asfáltica, en lo que respecta al desempeño por fatiga es posible establecer un límite aceptable para este deterioro y en consecuencia un contenido mínimo de ligante que satisfaga este criterio como se muestra en el diagrama conceptual del Diseño Balanceado de Mezclas de la Figura 1. Mayores contenidos de ligante que ese mínimo suponen mejores desempeños a fatiga de la mezcla asfáltica. De igual manera es posible establecer un límite aceptable para el deterioro debido al ahuellamiento asumiendo que mezclas más ricas de ligante son más propensas a acumular deformaciones permanentes y en consecuencia, establecer un contenido máximo de ligante que satisfaga este criterio.

Resulta entonces un rango del contenido de ligante en el que se satisfacen de manera "balanceada" ambos deterioros y que puede ajustarse con otro criterio complementario como la verificación de la durabilidad de la mezcla debida a la acción deteriorante del agua.

Son numerosas las referencias a la aplicación de este enfoque metodológico a mezclas en caliente [10, 11, 12, 13, 14] pero son escasas las referencias al caso de mezclas elaboradas a bajas temperaturas.

Saidi et al. [15] presentan un procedimiento para diseñar mezclas recicladas en frío in-situ con asfalto espumado o emulsión asfáltica según el criterio del diseño balanceado equilibrando el deterioro por agrietamiento y

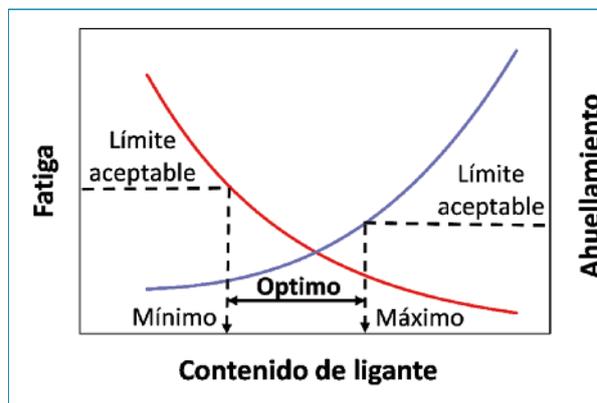


Figura 1. Esquema conceptual Diseño Balanceado de Mezclas (DBM)

acumulación de deformaciones permanentes. Yousefi et al. [16] han aplicado un enfoque de diseño balanceado de mezclas para investigar el efecto de agentes de reciclaje sobre las propiedades de una mezcla tibia con diferentes porcentajes de RAP. En otro trabajo, Saidi et al. [17] han analizado el impacto por el uso de un agente de reciclado, el nivel de compactación y la temperatura de curado en el desempeño de ahuellamiento y agrietamiento de mezclas recicladas en frío con emulsión desarrolladas utilizando el enfoque del diseño balanceado de mezclas. Dong y Charmot [18] han llevado a cabo un estudio para establecer y evaluar ensayos de resistencia al agrietamiento y ahuellamiento que puedan incluirse en el diseño balanceado de mezclas recicladas en frío con emulsión.

Este trabajo presenta la aplicación del marco conceptual del Diseño Balanceado de Mezclas (DBM) adaptado a las Mezclas Templadas con Emulsión mediante el empleo de técnicas de preparación de especímenes y un conjunto de ensayos de laboratorio que posibiliten valorar su desempeño y compararlo con el de una mezcla asfáltica en caliente de características convencionales.

## 2. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

### 2.1 Mezclas asfálticas consideradas

Este estudio comprende la evaluación de una mezcla templada con emulsión (MTE) elaborada sobre la base de una mezcla asfáltica en caliente (MAC) del tipo concreto asfáltico que fuera diseñado de acuerdo al pro-

## Aplicación del concepto de diseño balanceado a mezclas templadas con emulsión asfáltica. Una apuesta a la sostenibilidad de pavimentos

cedimiento Marshall y las especificaciones del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Concretos Asfálticos en Caliente y Semicaliente del Tipo Densos de la Dirección de Vialidad de Argentina [19]. Se trata de una mezcla densa del tipo CAC-D-12 que satisface también los límites granulométricos de una mezcla AC16D para capa de rodadura elaborada con agregados graníticos y cuya composición granulométrica se muestra en la Figura 2.

La Mezcla Templada con Emulsión (MTE) fue concebida a partir de un simple reemplazo del porcentaje del ligante asfáltico CA30 de la MAC por su equivalente en porcentaje del ligante asfáltico residual de la emulsión sin ninguna otra alteración de la fórmula. La emulsión utilizada es una emulsión catiónica convencional de curado rápido del tipo CRR-1 de la Norma IRAM 6691 de Argentina cuyas principales características se muestran en la Tabla 1.

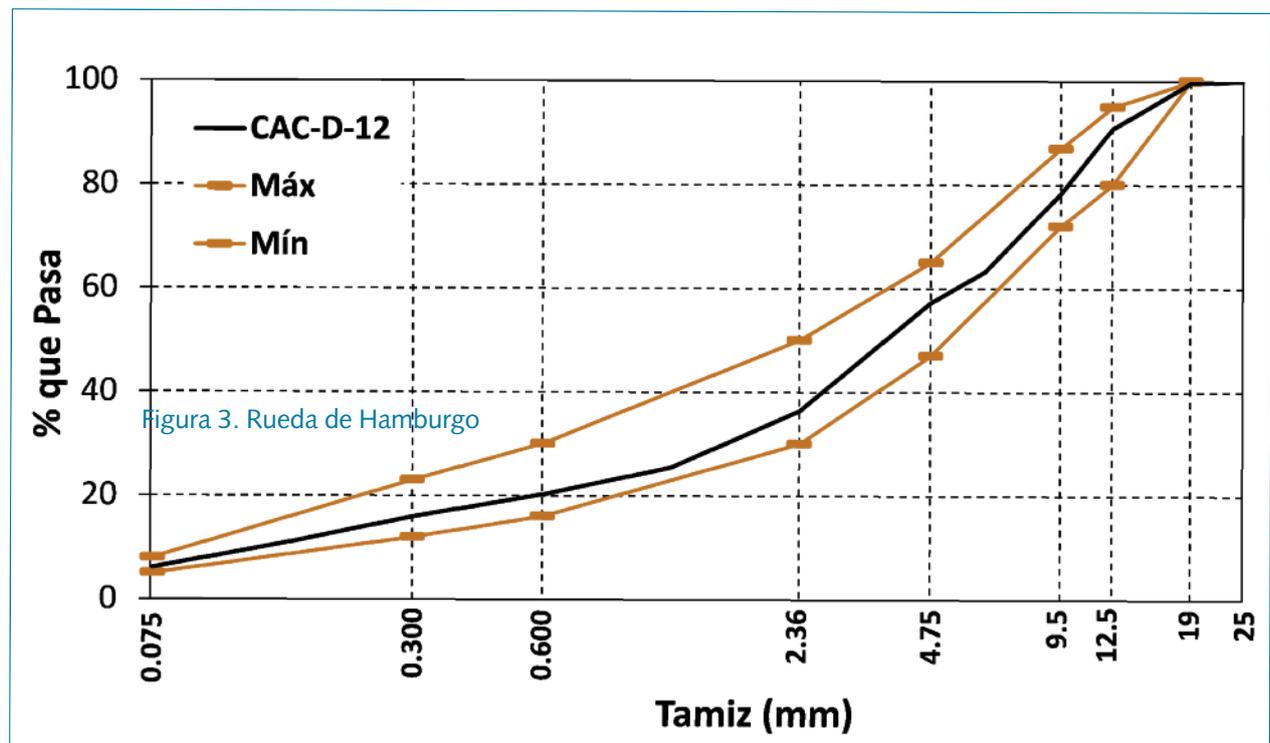


Figura 2. Granulometría de las mezclas

El ligante asfáltico empleado para esta mezcla es del tipo convencional de designación CA30 según la Norma IRAM-IAPG A 6835:2002 de Argentina. Se ha adicionado un 1% de cal hidratada como filler activo reconociendo las ventajas de su incorporación al mejorar las propiedades mecánicas, viscoelásticas y de durabilidad de las mezclas asfálticas [20].

Para la MAC, el mezclado de agregados y ligante se realizó con un mezclador mecánico; luego la mezcla suelta fue distribuida en una bandeja plana y colocada en un horno a la temperatura de compactación durante 30 minutos.

En el caso de la MTE los agregados fueron calentados a una temperatura entre los 95 y 100°C y la emul-

Tabla 1. Características de la emulsión utilizada

Ensayo	Resultado
Sobre la emulsión	
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	33 SSF
Residuo asfáltico por destilación	64.8%
Residuo sobre tamiz IRAM 850 μm	0.01%
Sobre el residuo asfáltico	
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)	98 1/10 mm

sión a 60°C para producir el mezclado de estos materiales. Concluido el mismo, la mezcla suelta se colocó en un horno a la temperatura entre 80 y 90°C durante 30 minutos de manera de simular la temperatura y el tiempo en que la mezcla preparada es transportada y colocada en condiciones reales.

En ambos casos, la compactación se realizó mediante un compactador giratorio ajustado para obtener probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 150 mm de altura. Posteriormente cada cilindro fue cortado con un disco diamantado a la mitad de manera de obtener probetas del mismo diámetro pero con espesores comprendidos entre los 60 y 63 mm como se muestra en la Figura 3. Las propiedades volumétricas promedio de estas mezclas se presentan en la Tabla 2.

Previamente a otros ensayos se verificó la durabilidad de ambas mezclas respecto a la acción del agua mediante el ensayo de Resistencia Conservada a la tracción indirecta a 25 °C (Rc25). En este ensayo se compara la resistencia a la tracción indirecta remanente de un par de probetas inmersas en agua durante 24 horas a la temperatura de 60°C respecto a otro par sin inmersión. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3. Ambas mezclas satisfacen el criterio especificado en Argentina con un valor Rc25 superior al 80%.



Figura 3. Probetas elaboradas de ambas mezclas asfálticas



Tabla 2. Propiedades volumétricas promedio de las mezclas

Mezcla	Da (g/cm <sup>3</sup> )	Dtm (g/cm <sup>3</sup> )	Va (%)	Vb (%)	VAM (%)	RBV (%)
MAC	2.505	2.631	4.8	12.0	16.8	71.5
MTE	2.487	2.618	5.0	11.9	17.0	70.5

Da: Densidad aparente; Dtm: Densidad teórica máxima; Va: Contenido de vacíos; Vb: Contenido volumétrico de ligante; VAM: Vacíos del agregado mineral; RBV: Relación betún-vacíos

Tabla 3. Resistencia Conservada a 25°C

Mezcla	Rt <sub>seco</sub> (kPa)	Rt <sub>húmedo</sub> (kPa)	Rc <sub>25</sub>
MAC	661.5	671.2	101%
MTE	404.0	387.1	96%

## 2.2 Procedimientos de evaluación del desempeño

A los efectos de evaluar comparativamente el desempeño estructural de estas mezclas se han seleccionado ensayos para los que se ha postulado su capacidad para discriminar el comportamiento respecto a la resistencia al agrietamiento a temperaturas intermedias y a la acumulación de deformaciones permanentes a alta temperatura. Los mismos son los ensayos IDEAL-CT, IDEAL-RT y RTI-HT, cuyas principales características se describen a continuación.

## 2.3 Ensayo IDEAL-CT para el desempeño frente al agrietamiento

El ensayo IDEAL-CT [21] es similar al ensayo de resistencia a la tracción indirecta tradicional y se realiza a la temperatura ambiente (25°C) con muestras cilíndricas a una velocidad de carga de 50 mm/min. La mayor ventaja de esta configuración es que el ensayo no requiere ninguna instrumentación, corte, pegado, perforación o entalladura de la probeta. Es un ensayo expeditivo que se completa en menos de 1 minuto y requiere una capacitación mínima del personal que lo realiza.

La Figura 4 muestra una curva típica de evolución de la carga aplicada (P) y el desplazamiento vertical (I). A

## Aplicación del concepto de diseño balanceado a mezclas templadas con emulsión asfáltica. Una apuesta a la sostenibilidad de pavimentos

partir de la misma es posible definir un parámetro de desempeño relacionado al agrietamiento ( $CT_{index}$ ) inspirado en la conocida ley de Paris de la mecánica de fracturas como:

$$CT_{index} = \frac{t}{62} \cdot \frac{G_f}{|m_{75}|} \cdot \left( \frac{l_{75}}{D} \right)$$

donde  $t$ : espesor de la probeta (mm);  $D$ : diámetro de la probeta (mm);  $G_f$ : Energía de fractura (J/m<sup>2</sup>);  $m_{75}$ : valor absoluto de la pendiente de la curva alrededor del 75% de la carga máxima en el tramo posterior a la carga máxima;  $l_{75}$ : desplazamiento al 75% de la carga máxima después del pico.

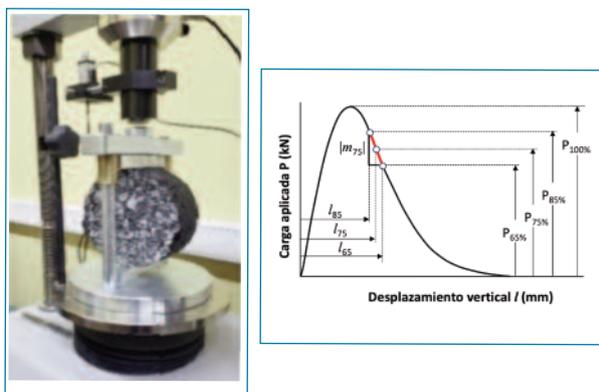


Figura 4: (a) Dispositivo de ensayo; (b) Curva típica P-l del ensayo IDEAL-CT

La energía de fractura  $G_f$  se calcula como:

$$G_f = \frac{W_f}{D \cdot t} \cdot 10^6$$

con  $W_f$ : trabajo de fractura calculado como el área bajo la curva P-l (J). La pendiente de la curva alrededor del 75% de la carga máxima en el tramo post-pico se calcula como:

$$|m_{75}| = \left| \frac{(P_{85} - P_{65})}{(l_{85} - l_{65})} \right|$$

con  $P_{85}$ ,  $P_{65}$ ,  $l_{85}$  y  $l_{65}$  como se indican en la Figura 4.

Generalmente, cuanto mayor sea  $G_f$ , mejor será la resistencia al agrietamiento. Cuanto más rígida sea la mezcla, más rápido crecerá el agrietamiento y más rápida será la reducción de la carga con un mayor valor de  $|m_{75}|$  y, en consecuencia, peor será la resistencia al agrie-

tamiento.

Además cuanto mayor sea  $l_{75}$ , más dúctil será la mezcla con mayor tolerancia a la deformación y resistencia al agrietamiento. Entonces cuanto mayor sea el  $CT_{index}$ , mejor será la resistencia al agrietamiento de la mezcla tal como ha sido validado con varias experiencias de laboratorio y de campo [22]. El procedimiento ha sido normalizado como ASTM 8225-19, "Standard Test Method for Determination of Cracking Tolerance Index of Asphalt Mixture Using the Indirect Tensile Cracking Test at Intermediate Temperature". Zhou et al. [23] sugieren un valor  $CT_{index}$  mayor a 90 para una buena resistencia al agrietamiento de la mezcla asfáltica en tanto que otras referencias indican valores mínimos entre 80 y 110 [24, 25].

### 2.4 Ensayo IDEAL-RT para el desempeño frente al ahuellamiento

El IDEAL-RT es un ensayo de carga monótona que ha sido desarrollado recientemente para valorar la resistencia al corte de mezclas asfálticas que utiliza un dispositivo de carga similar al del ensayo de tracción indirecta por compresión diametral salvo que el cabezal inferior es reemplazado por un apoyo en forma de U como se muestra en la Figura 5. El ensayo se realiza a la temperatura de 50°C y la carga se aplica a una velocidad constante de desplazamiento axial de 50 mm/min en el plano diametral de manera de obtener una curva típica carga-desplazamiento.

La configuración de los cabezales de carga induce en la probeta un estado de tensiones de corte que difiere del estado de tensiones que se desarrolla en el ensayo de tracción indirecta convencional (RTI) como se muestra en la Figura 6(a) para una simulación mediante un modelo de Elementos Finitos.

La Figura 6(b) muestra la notable diferencia del patrón de fisuración al final del ensayo para el IDEAL-RT comparado con el RTI.

Se calcula el parámetro  $RT_{index}$  para evaluar el desempeño de la mezcla frente a la falla por ahuellamiento como:

$$RT_{index} = 0.0665 \cdot \tau$$

con  $\tau$ : tensión de corte (KPa).

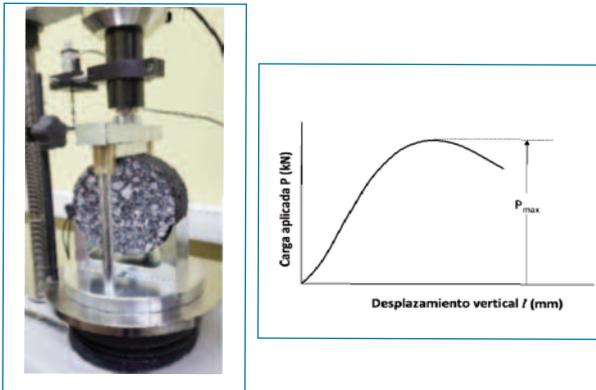


Figura 5. (a) Dispositivo de ensayo; (b) Curva típica P-I del ensayo IDEAL-RT

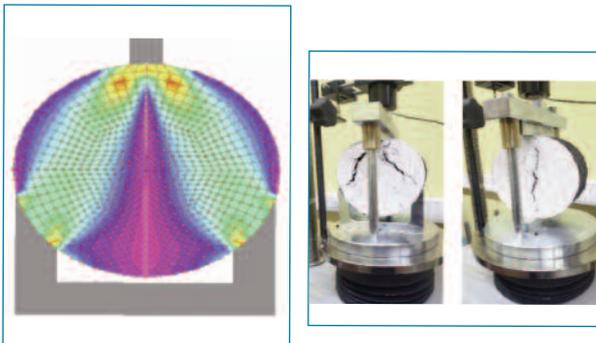


Figura 6. (a) Simulación tensiones de corte; (b) Patrones de agrietamiento comparados

La tensión de corte  $\tau$  se calcula como:

$$\tau = 0.356 \cdot \frac{P_{max}}{t \cdot w}$$

donde  $P_{max}$ : carga máxima (kN); t: espesor de la probeta (m); w: ancho del cabezal superior de carga (0.0191 m).

Un  $RT_{index}$  más alto representa una mayor tensión de corte y consecuentemente, una mejor resistencia al ahuellamiento. El ensayo se encuentra normalizado por ASTM como D8360-22 - Standard Test Method for Determination of Rutting Tolerance Index of Asphalt Mixture Using the Ideal Rutting Test.

Vamsikrishna y Singh [26] correlacionando resultados del ensayo de Hamburgo e IDEAL-RT proponen una resistencia al corte  $\tau$  mayor a 1000 kPa ( $RT_{index} \geq 66$ ) pa-

ra una buena resistencia al ahuellamiento de la mezcla asfáltica. En igual sentido, Zhou et al. [23] proponen un valor mínimo de la resistencia al corte  $\tau$  igual a 980 kPa ( $RT_{index} \geq 65$ ) en tanto que Boz et al. [27] proponen un valor de  $\tau$  mayor a 850 kPa ( $RT_{index} \geq 55$ ).

### 2.5 Ensayo RTI-HT para el desempeño frente al ahuellamiento

El ensayo RTI-HT es un ensayo convencional de tracción indirecta por compresión diametral realizado a la temperatura de 50°C mientras la carga se aplica a una velocidad constante de desplazamiento axial de 50 mm/min en el plano diametral de manera de obtener una curva típica carga-desplazamiento como se muestra en la Figura 7.

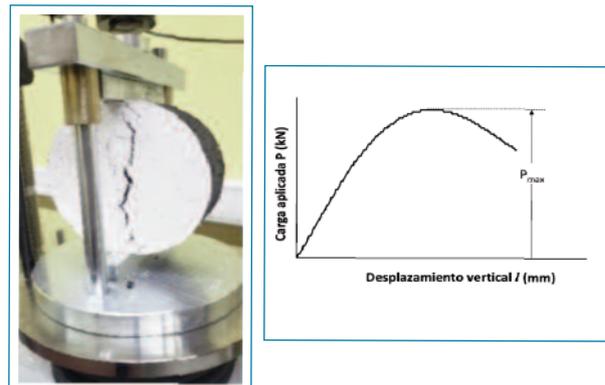


Figura 7. (a) Dispositivo de ensayo; (b) Curva típica P-I del ensayo RTI-HT

Christensen y Bonaquist [28] han mostrado que existe una muy buena correlación entre la tensión máxima del ensayo y la velocidad de crecimiento del ahuellamiento medido en distintos tramos de prueba. Otras referencias han corroborado esta correlación entre resultados de laboratorio y el desempeño de mezclas respecto al ahuellamiento [26, 29, 30].

La Resistencia a la Tracción Indirecta a alta temperatura (RTI-HT) se calcula como:

$$RTI-HT = \frac{2 \cdot P_{max}}{\pi \cdot D \cdot t}$$

# Aplicación del concepto de diseño balanceado a mezclas templadas con emulsión asfáltica. Una apuesta a la sostenibilidad de pavimentos

con  $P_{max}$ : carga máxima (kN); t: espesor de la probeta (m); D: diámetro de la probeta (m).

El Departamento de Transporte de Alabama (ADOT) considera un valor mínimo de RTI-HT igual a 137 kPa para mezclas con un satisfactorio desempeño frente al ahuellamiento [25]. Vamsikrishna y Singh [26] comparando resultados del ensayo de Hamburgo y la Resistencia a la Tracción Indirecta a alta temperatura han propuesto un valor umbral crítico de RTI-HT de 135 kPa para la aprobación/rechazo de las mezclas asfálticas.

### 3. DIAGRAMAS ESPACIALES DE DESEMPEÑO

Los Diagramas Espaciales de Desempeño (DED) son un método simple para evaluar simultáneamente el desempeño de mezclas asfálticas frente al agrietamiento y el ahuellamiento. Los mismos son construidos a partir de los resultados de ensayos de desempeño y con adecuados límites propuestos, permiten discernir en áreas diferenciadas sobre el comportamiento de las mezclas asfálticas respecto a esos modos de deterioro [31, 32].

La Figura 8(a) muestra un ejemplo de DED donde en el eje vertical se ha representado el desempeño respecto al agrietamiento mediante el  $CT_{index}$  y en el eje horizontal el desempeño respecto al ahuellamiento con el  $RT_{index}$ ; la Figura 8(b) muestra una representación similar pero el desempeño al ahuellamiento se ha valorado mediante el parámetro RTI-HT.

En ellos quedan definidos cuatro cuadrantes donde el de arriba a la derecha corresponde a un satisfactorio desempeño tanto al agrietamiento como al ahuellamiento. El de abajo a la izquierda por el contrario, corresponde a un desempeño al agrietamiento y al ahuellamiento no satisfactorio. Los restantes cuadrantes definen desempeños aceptables para un modo de deterioro pero no satisfactorio para el restante. Para el caso particular de una mezcla asfáltica, los resultados obtenidos en los ensayos de desempeño pueden ser ubicados en los DED y tener una valoración expeditiva de su comportamiento para ser aplicado al diseño de mezclas, el control de calidad o el estudio de la influencia de distintos parámetros de formulación (uso de asfaltos modificados, agregados no convencionales, RAP o aditivos).

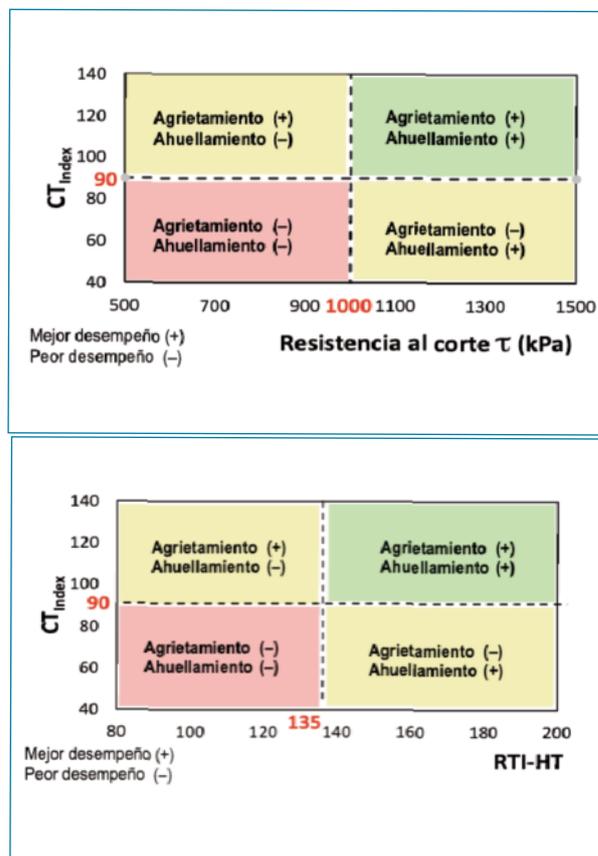


Figura 8. Diagramas Espaciales de Desempeño

### 4. RESULTADOS OBTENIDOS

#### 4.1 Resultados de desempeño respecto al agrietamiento ( $CT_{index}$ )

Los resultados obtenidos mediante el ensayo IDEAL-CT para valorar el desempeño respecto al agrietamiento de la mezcla templada con emulsión (MTE) y la mezcla en caliente (MAC) se presentan en la Figura 9.

#### 4.2 Resultados de desempeño respecto al ahuellamiento ( $RT_{index}$ y RTI-HT)

Los resultados obtenidos mediante el ensayo IDEAL-RT para valorar el desempeño respecto al ahuellamiento de ambas mezclas asfálticas se presenta en la Figura 10(a) en tanto que los resultados del ensayo RTI-HT se muestran en la Figura 10(b).

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La mezcla MTE presenta un mejor desempeño respecto al agrietamiento que la MAC ya que si bien tiene una menor carga máxima  $P_{max}$  y menor Energía de Fractura  $G_f$ , es una mezcla más dúctil con una menor pendiente de la curva alrededor del 75% de la carga máxima  $l_{m75}$  y un mayor desplazamiento al 75% de la carga máxima después del pico  $l_{75}$ .

Considerando el parámetro referido al agrietamiento  $CT_{Index}$  de ambas mezclas, la MAC presenta un desempeño de aproximadamente el 37% respecto al mismo índice de la MTE. Para el desempeño comparado respecto al ahuellamiento, la situación es inversa por cuanto la MAC posee mayores valores de la tensión de corte  $\tau$  y del parámetro  $RT_{Index}$  que la MTE.

La situación es similar si se considera el criterio de la Resistencia a la Tracción Indirecta a alta temperatura  $RTI_{HT}$ ; simplificada, el desempeño de la MTE está entre el 62 al 67% del desempeño de la MAC. Esta diferencia puede justificarse parcialmente en la diferencia de viscosidad del ligante usado para la MAC respecto al ligante residual de la MTE.

De manera conjunta, estos resultados se han representado en los Diagramas Espaciales de Desempeño que se muestran en la Figura 11 en donde se han conservado los valores críticos aceptables, propuestos en apartados previos. Se observa que ninguna de las dos mezclas se sitúa en el cuadrante superior derecho que correspondería a un desempeño óptimo respecto tanto al agrietamiento como al ahuellamiento. De acuerdo con la propuesta metodológica del Diseño Balanceado de Mezclas en una etapa de diseño de las mismas, correspondería evaluar modificaciones en su formulación cambiando alguno de los materiales componentes, la composición granulométrica o el tipo de ligante con el objeto de optimizar el desempeño de estas mezclas respecto a su respuesta al agrietamiento y el ahuellamiento.

## 6. CONCLUSIONES

Este trabajo ha analizado la aplicación del marco conceptual del Diseño Balanceado de Mezclas (DBM) adaptado a las Mezclas Templadas con Emulsión (MTE) para valorar su desempeño frente al agrietamiento y la acumulación de deformaciones permanentes de manera

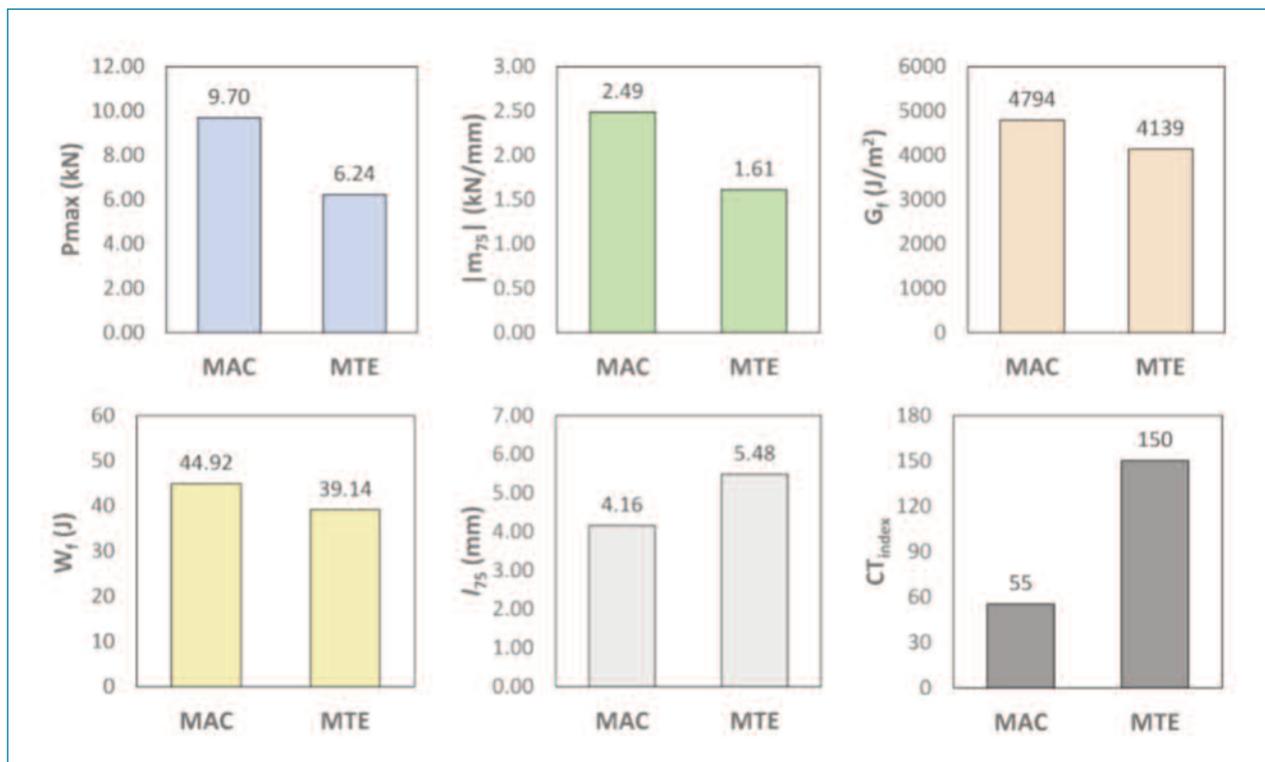


Figura 9. Resultados del ensayo IDEAL-CT

## Aplicación del concepto de diseño balanceado a mezclas templadas con emulsión asfáltica. Una apuesta a la sostenibilidad de pavimentos

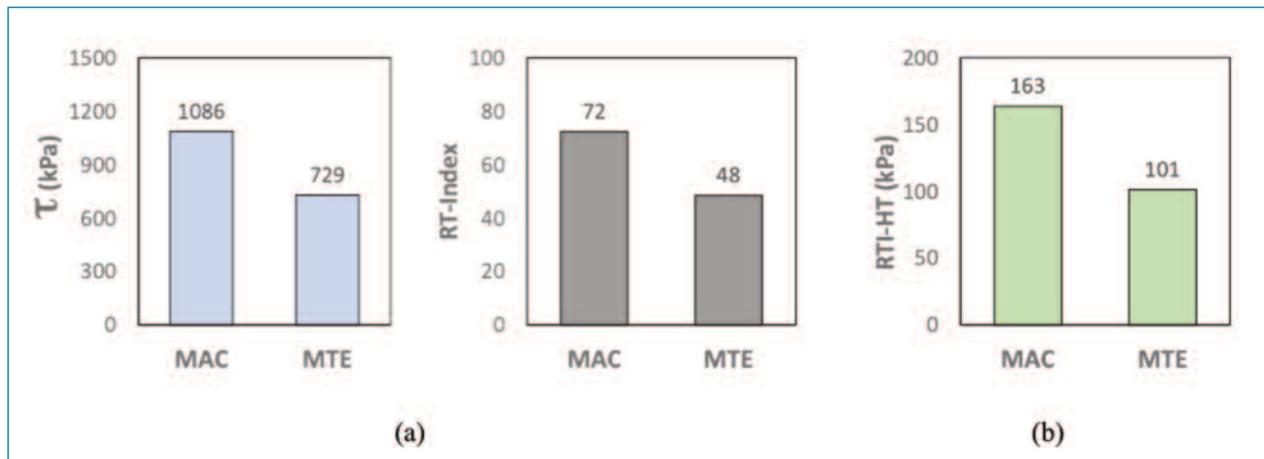


Figura 10. Resultados de los ensayos IDEAL-RT y RTI-HT

comparativa con una mezcla asfáltica en caliente (MAC) de características convencionales.

La MAC es una mezcla densa del tipo CAC-D-12 que satisface las especificaciones argentinas para Concretos Asfálticos en Caliente y Semicaliente. La MTE ha sido producida a partir de un simple reemplazo del ligante asfáltico de la MAC por su equivalente en ligante asfáltico residual de la emulsión sin ninguna otra alteración de la fórmula pero adaptando los procesos de mezclado y compactación al uso de la emulsión sin que se superen los 100°C de temperatura en ninguna etapa.

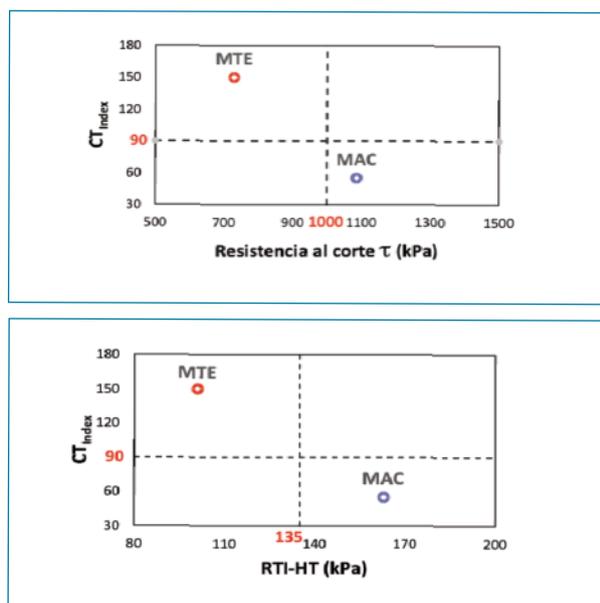


Figura 11. Diagramas Espaciales de Desempeño de ambas mezclas

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. (2012). Recomendaciones para la redacción de pliegos de especificaciones técnicas para el uso de mezclas bituminosas a bajas temperaturas.
- [2] Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB). (2014). Mezclas templadas con emulsión bituminosa. Monografía.
- [3] Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco. (2022). Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco
- [4] Martínez, F., C. Casaux, M., Zorzutti, L. y Angelone, S. (2019). Determinación de las propiedades visco-elásticas de una mezcla templada con emulsión asfáltica. XX Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Guadalajara (México).
- [5] Martínez, F., Cauhapé Casaux, M., Andreoni, S., Zorzutti, L. y Angelone, S. (2022). Caracterización del comportamiento de mezclas templadas con emulsión y RAP. XXI Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Punta del Este (Uruguay).
- [6] Autelitano, F. Garilli, E. and Giuliani, F. (2021). Half-warm mix asphalt with emulsion. An experimental study on workability and mechanical performances. 14th International scientific conference on sustainable, modern and safe transport. Transportation Research Procedia 55, 1081–1089.
- [7] Brosseaud, Y. (2012). La formulación francesa de misturas asfálticas y con las otras metódicas en Eu-

- ropa. Seminario Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente en los Inicios del Siglo XXI, La Visión Europea. XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito.
- [8] Asociación Mexicana del Asfalto, A.C. (AMAAC). (2013). Protocolo AMAAC PA-MA-01/2013: Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño, Ciudad de México.
- [9] Austroads (2018). National performance-based asphalt specification framework. ISBN 978-1-925671-26-1, Austroads Project No. APT1953.
- [10] Zhou, F., Hu, S. and Newcomb, D. (2020). Development of a performance-related framework for production quality control with ideal cracking and rutting tests. *Construction and Building Materials* 261, 120549.
- [11] Yin, F., Taylor, A. J. and Tran, N. (2020). Performance testing for quality control and acceptance of balanced mix design. NCAT Report 20-02. National Center for Asphalt Technology, Auburn University, Auburn, Alabama.
- [12] Zhou, F., Steger, R. and Mogawer, W. (2021). Development of a coherent framework for balanced mix design and production quality control and quality acceptance. *Construction and Building Materials* 287, 123020.
- [13] Li, N., Hao, P., Yao, Y. and Zhang, C. (2023). The implementation of balanced mix design in asphalt materials: A review. *Construction and Building Materials* 402, 132919.
- [14] Nsengiyumva, G., Kim, Y. and Hu, J. (2020). Feasibility and implementation of Balanced Mix Design in Nebraska. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Nebraska-Lincoln.
- [15] Saidi, A., Ali, A., Lein, W. and Mehta, Y. (2029). A balanced mix design method for selecting the optimum binder content of cold in-place recycling asphalt mixtures. *Transportation Research Record*, Volume 2673, Issue 3.
- [16] Yousefi, A. A., Haghshenas, H. F., Underwood, B. S., Harvey, J. and Blankenship, P. (2023). Performance of warm asphalt mixtures containing reclaimed asphalt pavement, an anti-stripping agent, and recycling agents: A study using a balanced mix design approach. *Construction and Building Materials*, volume 363, 129633.
- [17] Saidi, A., Ali, A., Mehta, Y., Cox, B. C., Lein, W. and Xie, Z. (2019). Performance evaluation for cold in-place recycling with different binders, curing processes and compaction levels. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists (AAPT)*, Volume 88.
- [18] Dong, W. and Charmot, S. (2018). Proposed tests for cold recycling balanced mixture design with measured impact of varying emulsion and cement contents. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 31(2): 04018387.
- [19] Dirección Nacional de Vialidad de Argentina. Pliego de especificaciones técnicas generales para concretos asfálticos en caliente y semicaliente del tipo densos. Edición 2017. ([https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/petg\\_1.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/petg_1.pdf))
- [20] Angelone, S., Cauhapé Casaux, M., Zorzutti, L. M. y Martínez, F. (2022). La influencia de las adiciones activas en las propiedades reológicas de las mezclas asfálticas templadas con emulsión bituminosa. *Revista Carreteras*. Año LXVI - Número 247. Ed. Asociación Argentina de Carreteras.
- [21] Zhou, F., Ima, S., Sunb, L. and Scullion, T. (2017). Development of an IDEAL cracking test for asphalt mix design and QC/QA. *Road Materials and Pavement Design*. DOI: 10.1080/14680629.2017.1389082.
- [22] Zhou, F., Im, S., Sun, L. and Scullion, T. (2017). Development of an IDEAL Cracking Test for Asphalt Mixture Design, Quality Control and Quality Assurance. *Journal of Association of Asphalt Paving Technologists*, Newport Beach, California.
- [23] Zhou, F., Hu, S. and Newcomb, D. (2020). Development of a performance-related framework for production quality control with ideal cracking and rutting tests. *Construction and Building Materials* 261, 120549.
- [24] Cross, S. A., and Li, J. (2019). Implement balanced asphalt mix design in Oklahoma. (No. FHWA-OK-19-01). Oklahoma. Department of Transportation.
- [25] Yin, F. and West, R. (2021). Balanced mix de-

## Aplicación del concepto de diseño balanceado a mezclas templadas con emulsión asfáltica. Una apuesta a la sostenibilidad de pavimentos

sign resource guide. National Center for Asphalt Technology, IS-143.

- [26] Vamsikrishna, G. and Singh, D. (2023) Comparison of Rutting Resistance of Plant Produced Asphalt Mixes Using Hamburg Wheel Tracker and Surrogate Simple Performance Tests: IDEAL-RT and HT-IDT. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Volume 35, Issue 12.
- [27] Boz, I., Coffey, G. P., Habbouche, J., Diefenderfer, S. D. and Ozbulut, O. E. (2022). A critical review of monotonic loading tests to evaluate rutting potential of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials* 335, 127484.
- [28] Christensen, D., and Bonaquist, R. (2007). Using the Indirect Tensile Test to Evaluate Rut Resistance in Developing Hot-Mix Asphalt Designs. *Transportation Research Circular Number E-C124*, Transportation Research Board, National Academies, Washington, D.C., p. 62 – 77.
- [29] Zieliński, P, 2022. Indirect tensile test as a simple method for rut resistance evaluation of asphalt mixtures–Polish experience. *Road Materials and Pavement Design*, 23 (1), 112–128.
- [30] Wen, H. and Bhusal, S. (2013). A laboratory study to predict the rutting and fatigue behavior of asphalt concrete using the indirect tensile test. *Journal of Testing and Evaluation*, 41 (2), 299–304.
- [31] Buttlar, W. G., Hill, B. C., Wang, H. and Mogawer, W. (2017). Performance space diagram for the evaluation of high- and low-temperature asphalt mixture performance. *Road Materials and Pavement Design*, Vol. 18, N. S1, 336–358.
- [32] Jahangiri, B., Majidifard, H., Meister, J. and Buttlar, W. (2019). Performance Evaluation of Asphalt Mixtures with Reclaimed Asphalt Pavement and Recycled Asphalt Shingles in Missouri. *Transportation Research Record*. Volume 2673, Issue 2.

# UNE-EN 12697-56 (2022) Preparación de probetas mediante compactación estática.

Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en frío

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

## 1. OBJETO Y PRINCIPIO DEL ENSAYO

Método de compactación de probeta cilíndricas de mezclas bituminosas aplicando cargas de compresión estáticas en la parte superior e inferior de la probeta durante un tiempo predefinido, para su uso en ensayos posteriores.

Se puede utilizar con mezcla fabricada en el laboratorio o tomada en la obra.

## 2. MÉTODO OPERATIVO

Esfuerzo de compactación. En la norma se recomienda realizar un esfuerzo de 5 MPa. La fuerza de compactación ( $F_{comp}$ ) que se aplica en la parte superior e inferior de las placas, expresada en kN, se calcula mediante la siguiente fórmula: relación diámetro probeta para el tamaño máximo árido es la siguiente:

$$F_{comp} = \frac{\sigma_{comp} \cdot d^2 \cdot \pi}{4.000}$$

$F_{comp}$	Fuerza de compactación, en kN
$\sigma_{comp}$	Esfuerzo de compactación, en MPa
d	Diámetro probeta, en mm

La temperatura de compactación de la mezcla debe ser la referenciada en la norma EN 12697-35 para el material empleado.

La muestra se prepara en laboratorio según la norma EN 12697-35, o se toma de la planta o en obra siguiendo la norma EN 12697-27.

El diámetro de las probetas utilizadas se debe seleccionar en función del tamaño máximo del árido:

- $80 \pm 2$  mm. Tamaño máximo de árido  $\leq 11$  mm.
- $100 \pm 3$  mm. Tamaño máximo de árido  $\leq 22$  mm.
- $120 \pm 3$  mm. Tamaño máximo de árido  $\leq 11,5$  mm.
- $150 \pm 3$  mm. Tamaño máximo de árido  $\leq 40$  mm.
- $160 \pm 3$  mm. Tamaño máximo de árido  $\leq 40$  mm.

Procedimiento operativo:

Se prepara el dispositivo de compactación que asegure su verticalidad durante la operación de compactación que facilite el desplazamiento del pistón en su interior.

Se vierte la mezcla en el molde y se aplican varios pinchazos en su interior para conseguir una superficie homogénea. Se coloca el papel de filtro y se inserta la placa de compactación superior. El tiempo máximo para iniciar la compactación después de la colocación de la mezcla y dispositivos es de 2 minutos.

Se ejerce la fuerza de compactación requerida de  $\pm 1,0$  kN con una precisión de  $1 \pm \%$  en un tiempo de  $60 \pm 30$ s, manteniendo la fuerza vertical constante en todo el periodo de compactación. Si se emplea un dispositivo manual la fuerza debe mantenerse mediante bombeo continuo.

Para concluir, se reduce la fuerza hasta 0 kN y se retira el molde del sistema de compactación, apoyando en la base de la probeta hasta su enfriamiento.

En el caso de mezclas fabricadas con emulsión el tiempo que hay que esperar para desmoldar viene fijado

## UNE-EN 12697-56 (2022) Preparación de probetas mediante compactación estática.

en la norma EN 12697-54.

### 3. EQUIPAMIENTO

Equipos necesarios para realizar el ensayo son los siguientes:

Moldes y placas de compactación de acero inoxidable y dureza suficiente para permitir la preparación de las probetas. El molde de compactación tendrá un diámetro interior  $d$  y una altura de al menos,  $2 \times d$ . Para la fabricación de las mezclas bituminosas con un porcentaje de agua superior a 2%, las placas deben tener orificios o ranuras que indica la norma para permitir el drenaje del agua de la probeta durante el proceso.

Dispositivo de carga capaz de mantener la fuerza de compactación requerida de  $\pm 1,0$  kN con una precisión de  $1 \pm \%$  en un tiempo de  $60 \pm 30$  s.



Imagen 1. Máquina multiensayo

Dispositivo de montaje de compactación que asegure los movimientos verticales entre el molde de compactación y pistones superior e inferior. Es válida una máquina universal de ensayos que permita aplicar una fuerza controlada o también un pistón con una bomba de accionamiento manual y con un manómetro capaz de medir la presión requerida.

Dispositivos auxiliares. Cronometro y termómetro.



Imagen 2. Dispositivo de compactación.

### 4. PUNTOS CRÍTICOS

La norma no indica aplicación de una precarga, tal y como señalaba la antigua norma NLT-161 (Resistencia a compresión simple de mezclas bituminosas) para esta compactación, que facilita la obtención de probetas de dimensiones homogéneas.

La norma tampoco señala dimensiones para la relación altura diámetro, lo que puede llevar a fabricar probetas con dimensiones diferentes en los laboratorios.

### 5. COMENTARIOS

Es un procedimiento sencillo que está a disposición



Imagen 3. Compactación de probetas de Inmersión-compresión.

de muchos laboratorios y que se utiliza para la compactación de probetas de mezclas bituminosas. Hace un tiempo era utilizado para la fabricación de las probetas de mezclas bituminosas para la realización del ensayo NLT-162 de inmersión-compresión (IC).

Este procedimiento de preparación de probetas y ensayo de IC ha sido sustituido en la normativa nacional (PG3, artículo 542) por el ensayo UNE-EN 12697-12 de sensibilidad al agua.

*Es un procedimiento sencillo que podría ser utilizado con mayor frecuencia para la preparación de las probetas de mezclas bituminosas por su fácil empleo que facilita la posibilidad de ensayar las muestras de mezclas bituminosas con las probetas fabricadas con otro método alternativo.*

### 6. ESPECIFICACIONES

Este apartado no aplica para esta norma.

### 7. BIBLIOGRAFÍA

- UNE-EN 12697-27. Toma de muestra
- UNE-EN 12697-35. Mezclado en laboratorio
- UNE-EN 12697-54. Curado de probetas para ensayos de mezclas con emulsión



## 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

# Evaluación del grado de envejecimiento en laboratorio de mezclas en caliente y semicalientes fabricadas con espuma de betún

Pablo Álvarez Troncoso

palvarez@becsa.es

Aida Marzá Beltran

amarza@becsa.es

Carlos Quintana Gálvez

cquintana@becsa.es

La fabricación de mezclas semicalientes a menor temperatura es una alternativa real para reducir el impacto ambiental en términos de consumo de energía y emisiones asociadas a la fabricación de mezclas bituminosas. El compromiso que presentan las diferentes empresas del sector, junto al impulso, cada vez mayor, de las administraciones de carreteras, hace que el empleo de este tipo de técnicas sea cada vez más común. El uso de este tipo de metodologías son un ejemplo de aplicación de las líneas estratégicas derivadas del Pacto Verde Europeo que insta a las empresas a reducir emisiones de sus propias operaciones y de sus cadenas de suministro con el objetivo final de que la UE sea climáticamente neutra en 2050.

Por otro lado, de manera general, el envejecimiento del betún dentro de la mezcla asfáltica ocurre en dos etapas de velocidad diferenciada durante su vida útil; una inicial de gran impacto que ocurre durante la fabricación y puesta en obra de la mezcla y una segunda, propia de la exposición de la mezcla a los efectos del tráfico y a los factores ambientales de crecimiento más sostenido. La primera etapa depende, entre otros factores de la temperatura de fabricación de la mezcla, por lo que se estima que el envejecimiento es menor en mezclas fabricadas a menor temperatura. Pero se tienen pocos datos concretos del potencial de reducción de envejecimiento inicial y de la evolución del mismo en el tiempo. Es lógico pensar que en el final de su vida útil los niveles de envejecimiento converjan, pero no es menos cierto, que se esperan diferencias significativas de tiempo de vida útil entre los dos tipos de pavimento y por tanto diferencias de durabilidad.

En la presente comunicación se describen los trabajos para tratar de caracterizar en el laboratorio la evolución de este grado de envejecimiento de mezclas calientes y semicalientes para profundizar de este modo en el conocimiento de su comportamiento a largo plazo.

**Palabras Clave:** Grado envejecimiento, durabilidad, mezclas semicalientes, reducción temperatura.

The production of semi-hot mixtures at lower temperatures is a real alternative to reduce environmental impact in terms of energy consumption and emissions associated with the production of bituminous mixtures. The commitment of various companies in the sector, along with the increasing support from road authorities, is making the use of these techniques more common. The application of these methodologies is an example of the strategic lines derived from the European Green Deal, which urges companies to reduce emissions from their own operations and supply chains, with the ultimate goal of making the EU climate-neutral by 2050. On the other hand, in general, the aging of bitumen in the asphalt mixture occurs in two stages with different speeds throughout its lifespan; an initial stage with significant impact that happens during the production and placement of the mixture, and a second stage,

# Evaluación del grado de envejecimiento en laboratorio de mezclas en caliente y semicalientes fabricadas con espuma de betún

which is related to the exposure of the mixture to traffic effects and environmental factors over a longer period. The first stage depends, among other factors, on the production temperature of the mixture, which is why it is estimated that aging is lower in mixtures produced at lower temperatures. However, there is little concrete data regarding the potential reduction of initial aging and its evolution over time. It is logical to think that by the end of its lifespan, aging levels will converge, but it is also true that significant differences in the service life between the two types of pavement are expected, and therefore, differences in durability. This communication describes the work aimed at characterizing in the laboratory the evolution of aging in hot and semi-hot mixtures to further deepen the understanding of their long-term behavior.

**Keywords:** Aging degree, durability, semi-hot mixtures, temperature reduction

## 1. INTRODUCCIÓN

Las mezclas semicalientes fabricadas mediante el proceso de espumación de betún se perfilan, en la actualidad, como una de las alternativas de más fácil implementación para los fabricantes de mezcla bituminosa con el fin de conseguir un menor impacto ambiental en la fase de fabricación de su producto y un menor coste asociado al menor consumo de combustible durante este proceso. Esta técnica es cada vez más utilizada en otros países de nuestro entorno europeo y de manera muy significativa en EE. UU., donde la mitad de la producción de mezclas semicalientes se fabrica mediante espumación directa o indirecta en las plantas de mezcla bituminosa (51.8% en 2020) [1].

A pesar de la amplia experiencia acumulada en el desarrollo y aplicación de la técnica, todavía existe, en nuestra opinión, campo de investigación sobre la evolución con respecto al envejecimiento que sufren las mezclas espumadas a menor temperatura frente a sus equivalentes fabricadas en caliente. Los numerosos estudios e investigaciones realizadas hasta la fecha centran sus esfuerzos en analizar la evolución de las características de comportamiento consideradas más críticas para este tipo de mezclas, como son la susceptibilidad al agua y la resistencia a las deformaciones plásticas en el ensayo de rodadura. Por otro lado, aquellos trabajos encaminados a un análisis más detallado de la evolución del envejecimiento del pavimento propiamente dicho suelen centrarse en análisis reológicos y empíricos sobre el betún recuperado de las mezclas, midiendo su desempeño a lo largo de la vida útil del firme bituminoso.

La reciente normalización del ensayo de resistencia a la fisuración siguiendo la metodología Fénix (NLT-

383/2020) [2], nos brinda la oportunidad de conocer para una misma mezcla la evolución de parámetros íntimamente relacionados con el envejecimiento de la mezcla como son, por ejemplo, la ductilidad y la tenacidad y, por tanto, puede ayudarnos a conocer cómo evoluciona el menor grado de envejecimiento inicial que una mezcla espumada posee, con respecto a su equivalente en caliente, como consecuencia de haber sido fabricada a una menor temperatura.

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos de una investigación a nivel de laboratorio en la que se ha tratado de emular el envejecimiento de mezclas calientes y semicalientes espumadas mediante procedimientos específicos (tipo Short-term Oven Aging y Long-term Oven Ageing), para conseguir un perfil de envejecimiento de los diferentes parámetros estudiados.

## 2. EVOLUCIÓN DEL ENVEJECIMIENTO DE MEZCLAS BITUMINOSAS

El envejecimiento de las mezclas bituminosas se caracteriza fundamentalmente por un endurecimiento del betún, lo que conlleva una progresiva rigidización de la mezcla y, por tanto, una menor capacidad de ésta de soportar los esfuerzos a fatiga o una menor resistencia a la fisuración de la misma. El fenómeno del envejecimiento de mezclas asfálticas posee una doble componente de tipo químico y físico. En la rama química se enmarcan procesos como la oxidación del betún o la pérdida de volátiles mientras que en la vertiente física los fenómenos predominantes son de reorganización molecular y cambios de fase que no conllevan variación en su composición. Este complejo mecanismo de envejecimiento tiene lugar en varias fases temporales bien diferenciadas den-

tro de la vida de la mezcla bituminosa. En una primera fase, durante su fabricación, y más concretamente durante la fase de mezclado de los áridos con el betún, se produce la mayor contribución al grado de envejecimiento general; con posterioridad, durante su transporte y colocación en obra el grado de envejecimiento acumulado se situará en el entorno del 70% del total de los primeros 10 años de vida del pavimento. Con posterioridad el envejecimiento afronta una etapa de crecimiento sostenido hasta el final de la vida útil del pavimento.

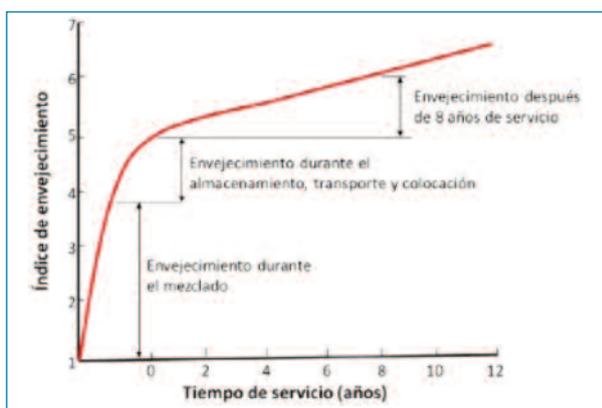


Figura 1. Etapas del proceso de envejecimiento de una mezcla bituminosa. Fuente: Cuadernos Tecnológicos de la PTC N°5/2015 [3]

Estas cifras hacen presagiar que una reducción significativa de temperatura en la fabricación de la mezcla bituminosa debe tener un impacto relevante en el grado de envejecimiento inicial de la mezcla, con una contribución no menor en el alargamiento de la vida útil del pavimento. De aquí que sea esperable, en buena lógica, que las mezclas semicalientes en general tengan un grado de desempeño superior a las mezclas convencionales equivalentes en términos de durabilidad. Sin embargo algunas experiencias realizadas hasta la fecha en varios tramos de carreteras de nuestra geografía ejecutados con mezclas calientes y semicalientes parecen indicar que, el grado de envejecimiento de las mezclas, medido como la penetración y la temperatura de reblandecimiento anillo-bola del ligante recuperado de las mismas, parece converger para ambos tipos de mezcla en un período de 3-4 años, lo que en principio indicaría la pérdida de la ventaja competitiva provocada por el efecto del menor envejecimiento inicial de mezclas semicalientes, en un

relativo corto espacio de tiempo. Es por ello que se entiende necesario profundizar en el conocimiento de la mencionada evolución en términos de parámetros de mezcla para corroborar si, con los ensayos empíricos realizados sobre el betún recuperado, no se estuviera evaluando en su complejidad el desempeño de la mezcla en el tiempo, en su conjunto, de forma suficientemente significativa, o bien, si lo detectado en los tramos ejecutados y analizados hasta la fecha es reflejo del comportamiento real.

### 3. EXPERIMENTACIÓN PLANTEADA EN EL LABORATORIO

Para la consecución del objetivo marcado en el apartado anterior se ha planteado la realización de ensayos de resistencia a la fisuración tipo Fénix (NLT-383/2020) sobre probetas fabricadas y sometidas a diferentes grados de envejecimiento en laboratorio. La idea inicial es la obtención en cada fase de los parámetros característicos de resistencia a tracción (RT) ductilidad (DT) y tenacidad (RTxDT) de una mezcla semicaliente fabricada en planta con tecnología de espuma de betún a 130°C, denominada FWMA 130, y su equivalente en caliente fabricada a 165°C, HMA 165 (etapa 1). Para la elección de unos grados de envejecimiento suficientemente representativos se ha acudido a procedimientos de calentamiento prolongado descritos en la bibliografía [3,4], partiendo de mezcla fabricada en central. En concreto, para la segunda etapa, se ha utilizado un procedimiento tipo STOA (Short-term Oven Aging) de envejecimiento de mezcla suelta a 135°C durante 4 horas en horno de convección para la elaboración de las probetas. Este proceso simula el mezclado y colocación de la mezcla bituminosa y es también representativo de capas de mezcla con menos de dos años de vida (en el presente estudio aparecen referenciadas como envejecimiento a 1 año). Para la tercera etapa, probetas de esta mezcla sometida al anterior STOA se envejecen adicionalmente 2 días a 85°C, lo que equivaldría a un envejecimiento del pavimento resultante de entre 2-6 años. Por último, para simular el envejecimiento a largo plazo, en la etapa 4 (entre 10 y 15 años reales dependiendo de las condiciones climáticas a las que se expone el pavimento), se someten las

# Evaluación del grado de envejecimiento en laboratorio de mezclas en caliente y semicalientes fabricadas con espuma de betún

probetas a un acondicionamiento LTOA 5 días a 85°C en estufa de convección. Los procesos se esquematizan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Esquema de procesos de envejecimiento llevados a cabo en laboratorio

Etapa	Referencia	Método de envejecimiento	Temperatura (°C)	Duración	Material sometido a envejecimiento
1	REF	Probetas referencia	130/165	Fabricada en central	Material suelto
2	1 año	STOA	135	4 horas	Material suelto
3	2-6 año	LTOA (2 días)	85	2 días	Probetas compactadas
4	10-15 año	LTOA	130/165	5 días	Probetas compactadas

La mezcla sobre la que se ha trabajado es una de tipo AC16 SURF S fabricada en planta discontinua con árido calizo y un contenido en betún de penetración 35/50 del 4,5% sobre mezcla.

## 4. RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.1 Diagrama Fénix. Parámetros RT y DT.

Para obtener una primera visión de conjunto, a modo de mapa, de los resultados obtenidos, se ha recurrido a su representación en un diagrama Fénix a 20°C al ser la temperatura referencia marcada en la Nota Técnica NT01/2022 [5] para los parámetros Fénix de mezclas fabricadas con betún 35/50.

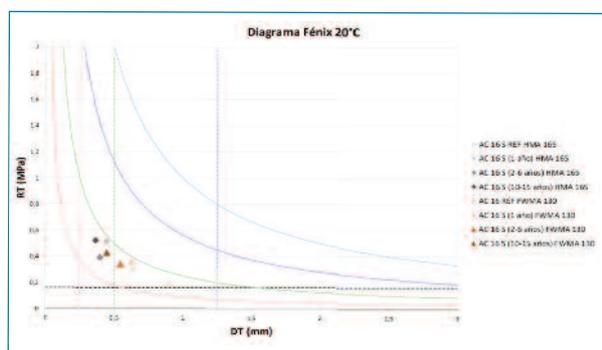


Figura 2. Representación de los pares de datos DT/RT a 20°C obtenidos en el presente estudio

En la Figura 2 cada punto se corresponde con la media obtenida de al menos 4 determinaciones para cada familia de mezclas. Se han representado dichos puntos con una tonalidad más oscura a medida

que crece el nivel de envejecimiento simulado en laboratorio de la mezcla. Se puede apreciar como la mezcla semicaliente (FWMA 130) parte de posiciones más dúc-

tiles y de menor resistencia a tracción que su equivalente en caliente (HMA 165), como era de esperar, por el menor grado de envejecimiento inicial en la fabricación. Ambos tipos de mezcla van reduciendo su ductilidad y aumentando su resistencia a tracción con el grado de envejecimiento, y parecen recorrer en el camino una línea de isotenacidad ( $RT \times DT = cte$ ) a esta temperatura.

Para un análisis más detallado se muestran a continuación las Figuras 3 y 4, donde se representan los parámetros RT y DT a 20°C de manera comparativa para las mezclas calientes y semicalientes.

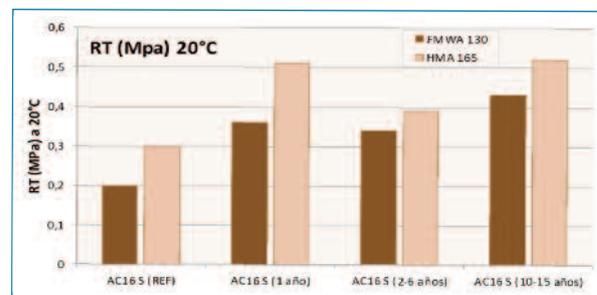


Figura 3. Datos obtenidos para RT a 20°C mezcla caliente y semicaliente

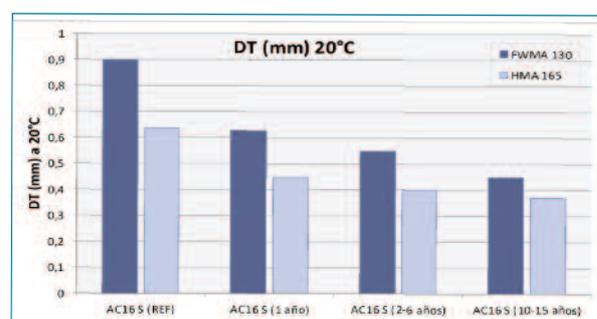


Figura 4. Datos obtenidos para DT a 20°C mezcla caliente y semicaliente

En la Figura 3 se puede observar cómo la mezcla semicaliente mantiene, al aumentar su envejecimiento, menores valores de resistencia a tracción que la mezcla en caliente. La tendencia esperada de subida generalizada de la resistencia con el envejecimiento parece sufrir un impasse en el período entre los 2-6 años de envejecimiento para después continuar su ascenso. Quizás, la tendencia más interesante, es la que se encuentra en la evolución de la ductilidad de ambas mezclas reflejada en la Figura 4. De los resultados obtenidos a 20°C se observa que la mezcla semicaliente mantiene una diferencia prácticamente constante de ductilidad frente a la mezcla en caliente convencional, situándose esta diferencia en el entorno del +40% hasta un nivel de envejecimiento del pavimento correspondiente a 10-15 años, nivel en que la diferencia decrece hasta un +20%.

Cuando se observan los resultados a 5°C (Figuras 5 y 6) las diferencias de resistencia a tracción parecen minimizarse por efecto de la temperatura de ensayo mientras se siguen manteniendo diferencias significativas en la ductilidad de las mezclas estudiadas.

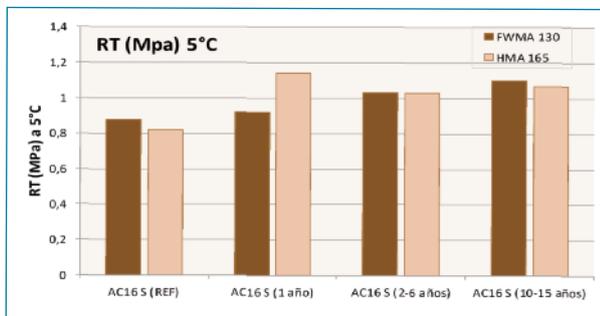


Figura 5. Datos obtenidos para RT a 5°C mezcla caliente y semicaliente

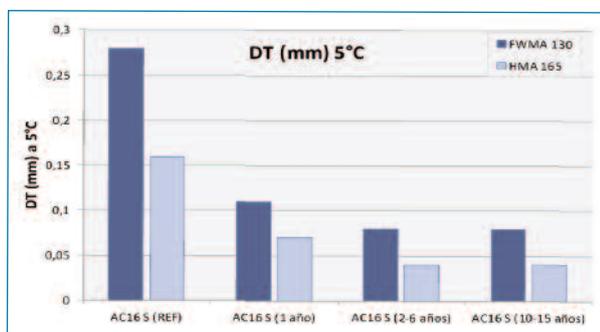


Figura 6. Datos obtenidos para DT a 5°C mezcla caliente y semicaliente

Este fenómeno observado hace que el parámetro

RTxDT, representativo de la tenacidad de la mezcla, pase de un comportamiento muy similar para ambas mezclas a 20°C, a una mejora comparativa de la mezcla semicaliente cuando analizamos los datos a 5°C. Lo comentado puede observarse en las Figuras 7 y 8.

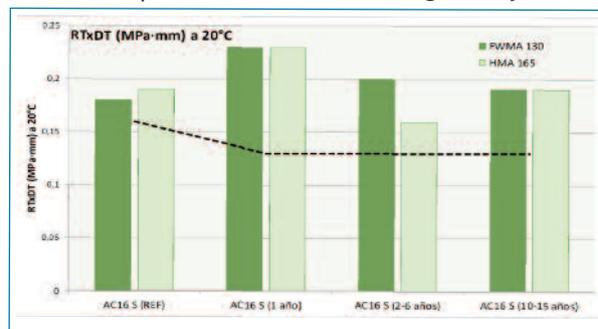


Figura 7. Datos obtenidos para RTxDT a 20°C mezcla caliente y semicaliente

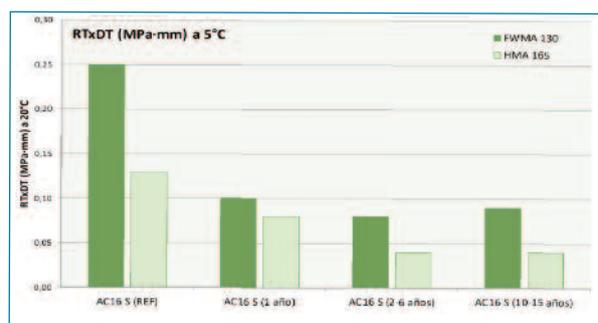


Figura 8. Datos obtenidos para RTxDT a 5°C mezcla caliente y semicaliente

En la figura 7 se ha incluido el límite mínimo establecidos en la tabla 1 de la NT 01/2022 (línea punteada) [5] para mezclas AC para el control de fabricación (F), que regiría en la mezcla de referencia, y de control sobre testigos, que regiría en las mezclas de mayor envejecimiento.

#### 4.2 IRT (Índice de Rigidez a Tracción)

Tras el análisis de los datos obtenidos para los parámetros de resistencia a tracción, tenacidad y ductilidad parecía interesante obtener la evolución de la rigidez de la mezcla en función del grado de envejecimiento en laboratorio. En el ensayo Fénix se obtiene un índice de rigidez determinado como la pendiente de la curva carga-desplazamiento entre el 25% y el 50% de la carga máxima, en la parte rectilínea ascendente inicial del ensa-

## Evaluación del grado de envejecimiento en laboratorio de mezclas en caliente y semicalientes fabricadas con espuma de betún

yo. Los datos obtenidos a 20°C para este parámetro fueron los siguientes.

Tabla 2. Datos de IRT a 20°C obtenidos en el estudio

Mezcla	Grado de envejecimiento	IRT (MPa/mm) a 20°C	
		FWMA 130	HMA 165
AC16 S	Referencia (inicial)	1,24	1,50
	1 año	1,84	3,53
	2-6 años	2,71	4,24
	10-15 años	4,36	4,95

Gráficamente se obtiene:

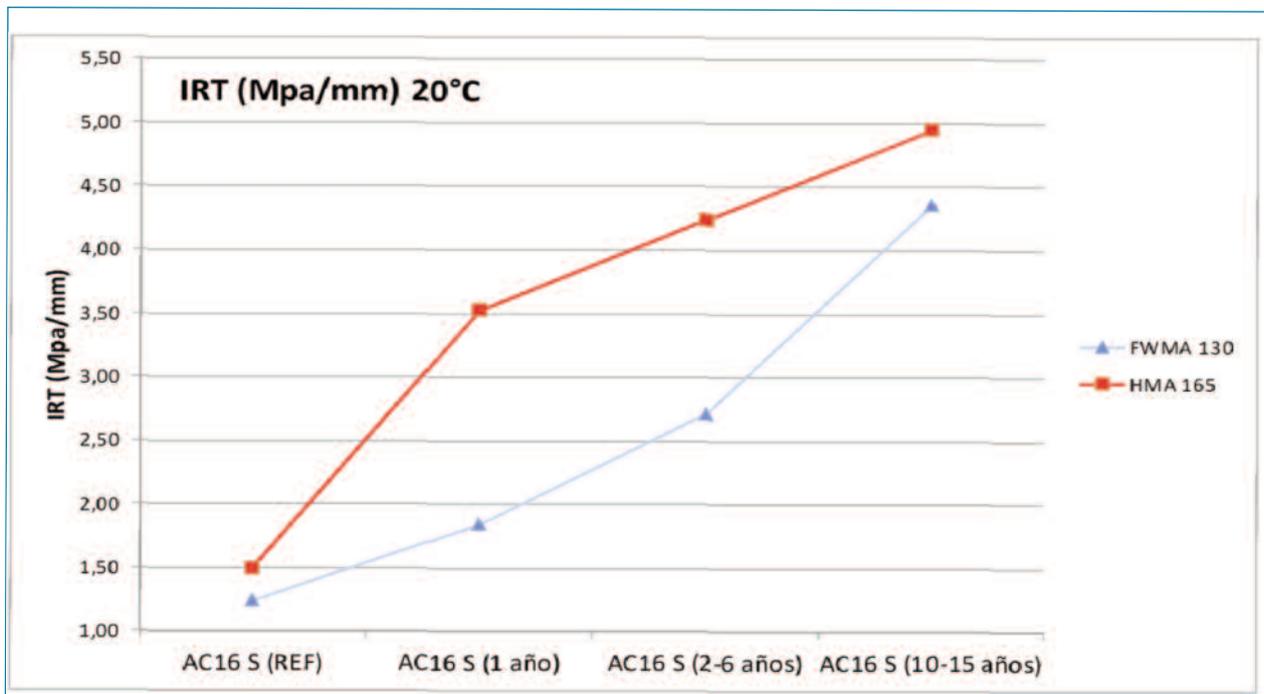


Figura 9. Datos obtenidos para IRT a 20°C mezcla caliente y semicaliente

Del análisis de la Figura 9 se puede inferir que, partiendo de valores similares de rigidez, algo menores para la mezcla espumada, la velocidad de aumento de la misma en ambas mezclas parece diferir en su comportamiento. La mezcla en caliente (HMA 165) posee un mayor gradiente de rigidización a edades más tempranas para luego crecer en el parámetro de forma más sostenida. En cambio, para la mezcla semicaliente (FWMA 130) el IRT crece más lentamente, acelerando el proceso

entre las dos últimas etapas analizadas. Se puede constatar con los datos obtenidos que el parámetro IRT para una mezcla semicaliente espumada con un grado de envejecimiento equivalente a 10-15 años, es del orden de magnitud de su mezcla análoga en caliente con un envejecimiento en laboratorio equivalente a entre 2-6 años.

## 5. CONCLUSIONES

El objetivo del presente estudio a escala laboratorio ha sido tratar de profundizar, con la utilización de una herramienta de ensayo como es la resistencia a fisuración tipo Fénix (NLT- 383/20), en el conocimiento del envejecimiento comparativo entre las mezclas calientes y semicalientes, éstas últimas fabricadas con tecnología de espuma de betún. Entendemos que en este campo, debemos aún encontrar respuesta sobre algunas de las cuestiones que se plantean a la hora de dilucidar si las mezclas a menor temperatura fabricadas mediante esta tecnología nos facilitan, además de las mejoras ya conocidas a nivel medioambiental y de exposición de los trabajadores, aumentar la vida útil de los pavimentos que se diseñen y ejecuten con este tipo de mezclas.

A la vista de los datos recabados en el presente estudio, parece evidente que, a nivel de laboratorio y sometidas las mezclas a envejecimientos controlados de carácter exclusivamente térmico, las mezclas semicalientes analizadas arrojan valores de tenacidad semejantes a sus equivalentes en caliente a 20°C siempre con un mayor grado de ductilidad que se mantiene al aumentar su envejecimiento. En el caso del comportamiento de las mezclas a 5°C la mezcla semicaliente mejora en tenacidad frente a la mezcla en caliente ya que se igualan las resistencias a tracción manteniendo aquéllas una mayor ductilidad.

En términos de rigidez, la evolución de ambas mezclas parece llevar un comportamiento significativamente diferente con velocidades de aumento de rigidez que difieren en cada etapa. La mezcla semicaliente se mantiene siempre en niveles de rigidez inferiores, incluso tras 10-15 años de envejecimiento simulado en laboratorio.

Con todo ello, los datos obtenidos por el presente estudio parecen indicar que existen diferencias de comportamiento, analizadas vía resistencia a la fisuración, entre la mezcla caliente y semicaliente espumada objeto de estudio, y que estas diferencias iniciales, que proceden de la fabricación a menor temperatura, se mantienen al aumentar el grado de envejecimiento de las mezclas. La mezcla semicaliente estudiada mantiene una mayor ductilidad, comparativamente hablando, durante todo el proceso de envejecimiento e, incluso, una tenacidad algo

mayor a temperatura de ensayo de 5°C. Los valores de IRT obtenidos apuntan igualmente a una menor rigidez de la mezcla semicaliente en todo caso y con valores claramente diferenciados en mezclas con edades entre 1 y 6 años.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Asphalt Pavement Industry Survey on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage 2020. National Asphalt Pavement Association (NAPA).
- [2] NLT 383-20. "Evaluación de la resistencia, tenacidad y energía de rotura de las mezclas bituminosas mediante el ensayo Fénix"
- [3] El envejecimiento en mezclas asfálticas. N°5 / 2015 CUADERNOS TECNOLÓGICOS DE LA PTC. Teresa López-Montero, Rodrigo Miró. Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech.
- [4] NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (NCHRP) Project NCHRP 09-54 Long-Term Aging of Asphalt Mixtures for Performance Testing and Prediction. Y. Richard Kim, Ph.D., P.E., F.ASCE Cassie Hintz, Ph.D. Farhad Yousefi Rad, Michael Elwardany North Carolina State University Shane Underwood, Ph.D. Arizona State University Mike J. Farrar, Ronald R. Glaser Western Research Institute. October 2013.
- [5] NOTA TÉCNICA NT 01/2022 Sobre la utilización del Ensayo Fénix en el control de calidad de las obras de firmes con mezclas bituminosas. Ministerio de Transportes, movilidad y agenda urbana. Mayo 2022.

**CEPSA**  
se transforma en  
**moeve**

Juntos impulsamos  
tu futuro

Nuestros ligantes y betunes contribuyen a la economía circular y hacen que las carreteras sean más sostenibles, eficientes y duraderas.



Este futuro  
tiene futuro

# 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 2024 hasta el 7 de marzo de 2025.

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

### NORMATIVA APROBADA

- **UNE-CEN/TR 18114 (Publicada en ENERO DE 2025).** Betunes y ligantes bituminosos. Sostenibilidad. Revisión sobre cómo abordar la información ambiental

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

### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE- prEN 1426 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la penetración con aguja
- **PNE- prEN 1427 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento. Método del anillo y bola
- **PNE- EN 12594 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Preparación de las muestras de ensayo
- **PNE- EN 12597 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Terminología
- **PNE- EN 12607-1 (Última publicación año 2015).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la resistencia al endurecimiento por efecto del calor y del aire. Parte 1: Método RTFOT (película fina y rotatoria)
- **PNE- prEN 15626 (Última publicación año 2016).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de los ligantes bituminosos fluidificados y flujados
- **PNE- prEN 16659 (Última publicación año 2016).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Betunes y ligantes bituminosos. Ensayo de fluencia-recuperación bajo múltiples esfuerzos repetidos (ensayo MSCR).

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

### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-EN ISO 11819-1: (última publicación año 2002).** ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR Acústica. Medición de la influencia de las superficies de carretera sobre el ruido del tráfico. Parte 1: Método estadístico del paso de vehículos

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

#### NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **PNE-prEN 12272-1 (última publicación año 2002). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Tratamientos superficiales. Métodos de ensayo. Parte 1: Índice y regularidad de la dispersión del ligante y de las gravillas.
- **PNE-prEN 12272-3 (última publicación año 2003). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Tratamientos superficiales. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación de la adhesión entre ligante y árido por el método de ensayo de choque de la placa Vialit
- **PNE-EN 12697-2 (última publicación año 2015). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **PNE-prEN 12697-3 (última publicación año 2020). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3: Recuperación de betún. Evaporador rotatorio
- **PNE-EN 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 12697-16 (última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 16: Abrasión por neumáticos claveteados
- **PNE-EN 12697-22 (última publicación año 2020). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista
- **PNE-EN 12697-26 (última publicación año 2018). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-EN 12697-31 (última publicación año 2020). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Métodos de ensayo. Parte 31: Preparación de la muestra mediante el compactador giratorio.
- **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-prEN 12697-35 (última publicación año 2017). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 35: Mezclado en laboratorio
- **PNE-EN 12697-41 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 41: Resistencia a los fluidos de deshielo
- **PNE-EN 12697-43 (última publicación año 2014). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 43: Resistencia a los combustibles.
- **PNE-EN 12697-47 (última publicación año 2011). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 47: Determinación del contenido de cenizas de los asfaltos naturales
- **PNE-FprCEN/TS 12697-51 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 51: Ensayo de resistencia superficial cortante
- **PNE-FprCEN/TS 12697-52 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 52: Acondicionamiento para determinar el envejecimiento oxidativo
- **PNE-EN 12697-54 (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún
- **PNE-prEN ISO 13473-5 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Caracterización de la textura de los pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 5: Determinación de la megatextura.

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

## NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- **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-prEN 13036-8 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación de los índices de regularidad superficial transversal
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-20 (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 ISO 13473-5 (última publicación año 2010). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Caracterización de la textura de los pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 5: Determinación de la megatextura
- **PNE-EN 13880-3 (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-prEN 13880-5 (última publicación año 2006). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 5: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la fluencia.
- **PNE-prEN 13880-11 (última publicación año 2004). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 11: Método de ensayo para la preparación de bloques de mezcla bituminosa.
- **PNE 41265-2 IN (norma nueva). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 2: Prefisuración de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos

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

#### NORMATIVA EN PROYECTO

- **PNE-prEN 933-1 (última publicación año 2012). ESTADO: TRAMITACIÓN EN AENOR** Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método de tamizado
- **PNE-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-prEN 933-11 (última publicación año 2009). ESTADO: VERSIÓN EN INGLÉS Y ALEMÁN** Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate.
- **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
- **DIN EN 17555-2 (Norma nueva). ESTADO: EXISTE VERSIÓN EN INGLÉS Y ALEMÁN** Aggregates for construction Works. Part 2: Complementary information

### COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Para los ligantes bituminosos desde la última publicación de la revista solo se ha producido la publicación de la norma UNE-CEN/TR 18114 en la que se describen ejemplos de cómo abordan los diferentes países de la UE la información ambiental para conseguir un menor impacto con los materiales bituminosos. En el contenido se hace referencia a la norma UNE EN 15804 sobre la elaboración de las Declaraciones Ambientales de Producto.

Dentro de la normativa del Comité de mezclas bituminosas AEN/CTN 41/SC2 se han incorporado nuevas normas a proyecto, una de ellas ya estaba publicada y corresponde a la determinación de la adhesión de los áridos con la emulsión para los tratamientos superficiales mediante el ensayo de placa Vialit. Por otro lado, se incluyen otras dos normativas nuevas una para la determinación de la resistencia superficial cortante PNE-FprCEN/TS 12697-51 y otra para el acondicionamiento de mezclas para valorar el envejecimiento oxidativo PNE-FprCEN/TS 12697-52.

Finalmente se ha incorporado para revisión la norma PNE-prEN 13880-11 de productos de sellado para la preparación de bloques de mezclas bituminosa.

# ORDEN CIRCULAR OC 3/2024 sobre cálculo de la huella de carbono (Etapas de A1 a A5 de la construcción o rehabilitación de firmes

La Dirección General de Carreteras (DGC), está desarrollando un Plan de descarbonización con hito temporal 2030 y dentro de éste plan, en 2022 llevó a cabo el estudio de su huella de carbono calculando las emisiones de diferentes alcances de actuación dentro de la Dirección, estimando por primera vez las procedentes de la actividad ordinaria en los Sectores de Conservación y Explotación de la red.

Como un avance más dentro del Plan, publica esta Orden Circular que tiene como objeto impulsar la descarbonización en la construcción y rehabilitación de los firmes de carreteras y sus pavimentos. El estudio se limita a la etapa de producto y de proceso de construcción según las directrices de la norma UNE EN 15804:2012+A2 "Sostenibilidad en la construcción.

Declaraciones Ambientales de Producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción" y aparte se está trabajando en la actualización de la 6.1 IC donde se incluirán escenarios de conservación de firmes.

Son muchos los antecedentes en la UE que constituyen el marco estratégico de energía y clima como una manera clara de profundizar en el conocimiento de la huella de carbono de los materiales y soluciones. Entre todos ellos destaca:

- El Acuerdo de París
- La estrategia de descarbonización a 2050 y los planes integrados de Energía y Clima (PNIEC) para el logro de los objetivos en 2030
- El Pacto Verde Europeo para presentar planes ambiciosos de lucha contra el cambio climático
- En España la aprobación en noviembre de 2020, la estrategia a largo plazo para una economía espa-

ñola moderna, competitiva y climáticamente neutra en 2050

- La publicación de la ley 7/2021 de cambio climático y transición energética donde se pretende reducir el 23% de las emisiones GEI en el periodo 1990-2030 y el Net Zero para el año 2050

Artículo 533: Tratamientos superficiales mediante riegos con gravilTomando como referencia estos objetivos medioambientales tanto en Europa como en

España, para el desarrollo de esta Orden Circular se ha tomado como referencia las modificaciones descritas en la OC1/2023 respecto al empleo de las mezclas en caliente y semicaliente. A partir de aquí, se ha procedido a estimar unos valores de referencia de la huella de carbono correspondiente a las etapas de producto y proceso de construcción, expresada como la masa de CO<sub>2</sub> equivalente de las 29 combinaciones de materiales para la formación de las explanadas y las 61 secciones de firmes flexibles, semiflexibles y semirrígidos y rígidos contempladas en la 6.1 IC, así como ejemplos para el caso de la rehabilitación de firme.

Se ha partido de la medición de la huella de carbono de productos mediante la norma UNE EN ISO 14067 "gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para la cuantificación" y que consiste en la metodología de análisis de ciclo de vida considerando las emisiones GEI. A su vez el ACV se evalúa mediante las normas UNE EN 14040 y UNE EN 14044 Los datos empleados para las dos etapas consideradas en esta orden circular son:

- La huella de carbono de la etapa de producto de la mayor parte de los empleados en formación de

explanadas y firmes y de los materiales básicos que disponen de declaración ambiental de producto

- La huella de carbono de la etapa de construcción
- El uso de gasóleos para los vehículos de transporte y la maquinaria de puesta en obra para las emisiones directas

Entre los puntos a destacar para los firmes, se encuentra el beneficio ambiental de la reutilización del RA, definiendo un valor medio de contenido de betún, así como porcentajes de adición del material fresado. También se ha adoptado criterios para los espesores de las capas de rodadura, intermedia y base, así como el empleo de mezclas en caliente y semicaliente.

En cuanto a las consideraciones ambientales contempla que, además de tener en cuenta en el dimensionamiento de la construcción o rehabilitación de firmes la parte técnico-económica, que se tenga en cuenta los criterios ambientales incluyendo un análisis global de la durabilidad de distintas alternativas, siendo éstas un criterio clave para la elección de la solución.

Con esta orden se pretende impulsar el logro del ahorro medio en kg de CO<sub>2</sub> entre una mezcla semicaliente y una caliente y que se ha estimado en un valor de 2 kg de CO<sub>2</sub> equivalente de sección de firme de nueva construcción, así como el ahorro en emisiones que se obtiene mediante todas las técnicas de reutilización de las capas de firme.

Con la aprobación de esta OC se resuelve lo siguiente:

- Aprobar los criterios adoptados de huella de carbono de las etapas A1, A2 y A3 de las secciones de firme y explanada y de las etapas A4 y A5 del proceso de construcción
- Priorizar las técnicas de mezclas semicalientes siempre que sea idónea desde el punto de vista técnico y económico abarcando todos los artículos del PG3, indicando además que en el caso de optar por las mezclas en caliente se deberá justificar convenientemente
- Será preceptivo el cálculo de la huella de carbono de las diferentes etapas contempladas en esta Orden Circular empleando para ello los valores estima-

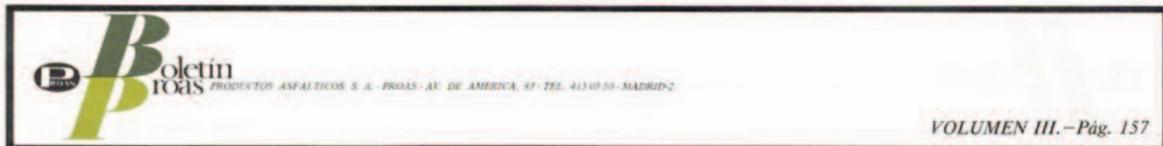
dos en el anejo de la Orden Circular o los resultados de otros cálculos que sean debidamente justificados en la Dirección General.

La Orden se completa con un anejo con una serie de apéndices que describen aspectos concretos a considerar como son:

- Apéndice 1: Cálculo de la huella de carbono de las secciones de firme y de formación de explanadas
- Apéndice 2: Las secciones de firme y formación de explanada
- Apéndice 3: Procedimiento de cálculo de la huella de carbono incluyendo información de las declaraciones ambientales de producto utilizadas, los espesores considerados para las capas de la sección de firme
- Apéndice 4: Resultados del ACV de la formación de explanadas
- Apéndice 5: Resultados del ACV de las secciones de firme de la norma 6.1 IC considerando las mezclas en caliente sin incorporación de RA
- Apéndice 6: Resultados del ACV de las secciones del firme de la norma 6.1 IC considerando las mezclas semicalientes sin la incorporación de RA
- Apéndice 7: Ejemplo de justificación de las emisiones correspondientes a algunas unidades de obra en las etapas entre A1 y A5

# Mirando al pasado

Documento publicado en septiembre - octubre de 1973.



## COMENTARIO DE ACTUALIDAD

*El día 12 de septiembre ha tenido lugar en Toronto la reunión semianual del Comité Técnico Internacional del Instituto del Asfalto. Como preparación a la misma, se reunieron el día 11 los tres Comités Técnicos que le aportan sus conclusiones, que son: el Comité sobre Materiales Asfálticos; el Comité de Dimensionamiento y el Comité de Construcción, cuyas funciones se deducen fácilmente de sus denominaciones.*

*Entre los temas tratados con mayor extensión y que mayor trascendencia pueden tener para el futuro de la tecnología de los materiales asfálticos, citaremos en primer lugar la propuesta revisión del manual MS-1 del*

*Instituto, para dimensionamiento de pavimentos totalmente asfálticos. Como es sabido, desde hace un par de años el Instituto del Asfalto abandonó los métodos antiguos de dimensionamiento (que daban como resultado el espesor total de materiales granulares preciso, del que se deducía después el espesor del pavimento mediante el empleo de los coeficientes de equivalencia entre capas granulares y no granulares), para sustituirlo por el método actual, que da el espesor de la estructura supuesta totalmente asfáltica, es decir, compuesta en su totalidad de aglomerado asfáltico de alta calidad.*

*El actual manual MS-1, basado esencialmente en los datos empíricos obtenidos de los ensayos de carreteras a escala natural, y fundamentalmente del ensayo AASHO, permite determinar de este modo el espesor total de la estructura, que puede incrementarse después en la medida necesaria mediante la aplicación de los coeficientes de equivalencia en el caso de que se desee utilizar en alguna de las capas materiales de menor calidad. El método de dimensionamiento es totalmente empírico y deja relativamente poca flexibilidad al proyectista en cuanto a la elección de los tipos de mezcla, ya que se establece que éstas han de ser del tipo IV del Instituto del Asfalto.*

*La revisión actualmente en estudio y que fue objeto de la atención del Comité Técnico Internacional del Instituto dará un paso importante en la evolución hacia un método de proyecto más científico, basado en las propiedades físicas de los materiales, determinadas por medición directa, concretamente el módulo de elasticidad de las mezclas utilizadas en las distintas capas. Esto permitirá al proyectista un estudio más completo que hasta ahora de las diversas alternativas posibles en el momento de elegir la composición de su estructura, utilizando los materiales que puedan resultar más económicos, en fin de cuentas, como resultado de la compensación de calidades y volúmenes. El estudio detallado de la nueva forma del manual MS-1 se desarrollará a lo largo del año 1974, si bien no es posible en los momentos actuales afirmar con absoluta seguridad el momento en que ese estudio llegará a su final. La forma definitiva del manual MS-1 después de esta revisión será probablemente similar a la del actual MS-11, dedicado al dimensionamiento de firmes totalmente asfálticos para aeropuertos, cuya actual versión es de reciente aparición.*

*Entre los otros temas de investigación a desarrollar por el Instituto del Asfalto, a lo largo del año 1974, citaremos el estudio de mezclas asfálticas antideslizantes para capas de rodadura; el estudio de mezclas asfálticas abiertas para capas de base, que se desarrollará a petición de determinados organismos aunque la recomendación del Comité Técnico Internacional es que no se utilicen más que en aquellos casos en que se tema la aparición de humedad procedente del subsuelo; un estudio sobre proyecto y dimensionamiento de revestimientos para obras hidráulicas, y se continuará con un estudio en curso sobre la influencia de las plantas asfálticas en la polución del medio ambiente.*



# asefma

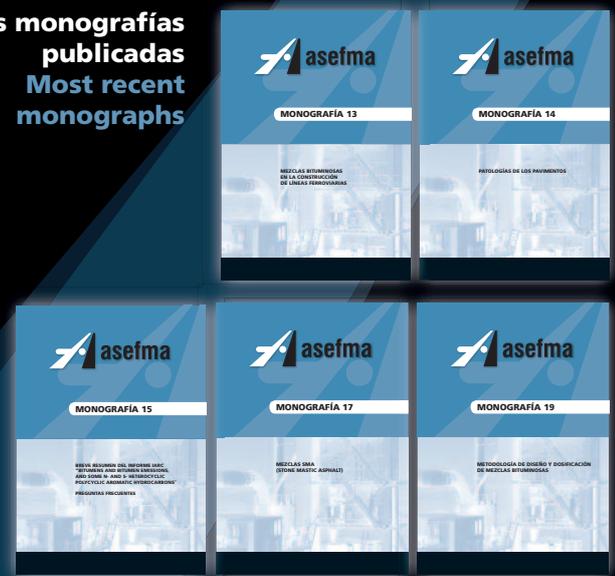
“reforzamos el firme, consolidamos el futuro”  
“by reinforcing pavements, we guarantee the future”

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

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

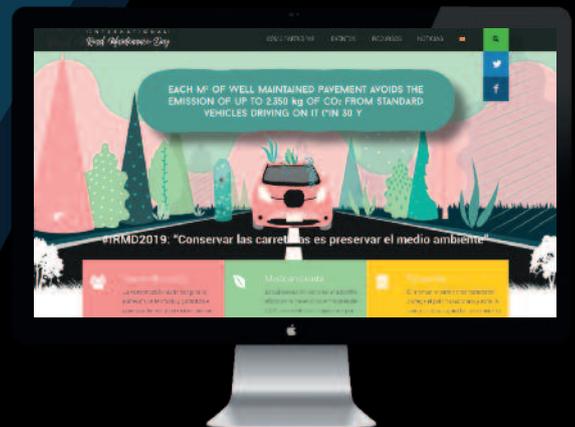


## Últimas monografías publicadas Most recent monographs



Asefma is promotor of the International Road Maintenance Day (IRMD)  
[www.roadmaintenanceday.org](http://www.roadmaintenanceday.org)

## Catálogo de Capacidades Técnicas Catalogue of Technical Capacities



Síguenos en: / Follow us on:

- @asefma\_es
- @asefma
- @asefma
- company/asefma

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

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

SPANISH ASSOCIATION OF PRODUCERS OF ASPHALT MIXES

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

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

# Calendario de eventos

## AÑO 2025

1-3 de abril EUROBITUMEN	Spring Meeting & Seminar	Praga (Republica Checa) www.eurobitumen.eu
3 de abril ASEFMA	IRMD 2025 y RMD Forum #IRMD2025	Virtual www.asefma.es
7-10 de abril Asphaltinstitute	Asphalt Institute Spring Meeting	www.asphaltinstitute.org
8-10 de abril AEMA	April Road Resource Network Boorcamp	Virtual www.aema.org
23-24 de abril ATC	Jornadas Nacionales de Seguridad Vial 2025	Alicante (España) www.atc-piarc.com
4-5 de junio ASEFMA	XIV Jornada Técnica de Asefma	Madrid (España) www.asefma.es
8-11 de julio NAPA	NAPA 2025 Midyear Meeting	Louisville (USA) www.asphaltpavement.org
24-25 de septiembre	4th International Conference on Asphalt 4.0 #ICA4point0	Virtual https://ica4point0.com/es/
29 de sept -1 oct NAPA	International Conference on Decarbonization of Asphalt Pavements	Chicago (USA) www.asphaltpavement.org
11 -de octubre ASEFMA	Día Mundial de la Carretera #WorldRoadDay	Virtual www.asefma.es
29-30 -de octubre ASEFMA	XX Jornada Nacional de Asefma	Madrid (España) www.asefma.es
17-21 -de noviembre	XXIII CILA	Asunción (Paraguay) www.cilacongreso.com

## AÑO 2026

10-13 de marzo PIARC	17º Congreso mundial de vialidad invernal y resiliencia de la carretera	Chambéry (Francia) www.piarc.org
11-12 de junio EAPA	3er E&E Event	Viena (Austria) www.eapa.org



ADVANTAGE 4: Asphalt can be coloured and nicely textured to produce attractive designs and patterns #AsphaltAdvantages

Reduciendo emisiones, reforzando el firme

MARZO 2025

Colaboran:   
 / asfema X asfema\_es / company/asfema @ asfema

EVENTOS

3-7 de marzo  
 AEMA-ISSA-ARRA  
 Annual meeting

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
24/31	25	26	27	28	29	30



ADVANTAGE 43: Asphalt pavement gives the best return on investment of any paving material #AsphaltAdvantages

Reduciendo emisiones, reforzando el firme

ABRIL 2025

Colaboran:   
 / asfema X asfema\_es / company/asfema @ asfema

EVENTOS

3 de abril  
 IRMD 2025  
 #IRMD2025

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 presenta en su calendario 2025 un abecedario del asfalto que explica sus características y aplicaciones clave



La entidad que representa a los fabricantes españoles de asfalto expone cada mes una característica o aspecto relacionado con las mezclas asfálticas a través de una narrativa visual y divulgativa. Comienza enero destacando la relevancia de los áridos en la composición del asfalto, mientras que febrero explora la importancia y antigüedad del betún como ligante. En marzo, el calendario sorprende con el uso del color en las mezclas asfálticas, mostrando su potencial estético y funcional.

Abril pone el foco en la digitalización del sector, ilustrando cómo las innovaciones tecnológicas optimizan procesos de diseño, fabricación y control. Mayo se centra en las emulsiones, para explicar su función clave en la adherencia entre capas de pavimento. Por su parte, junio detalla el proceso de fabricación de mezclas asfálticas, subrayando la importancia del control técnico en cada etapa para asegurar pavimentos de calidad.

Los meses de verano destacan temas como el grosor de los pavimentos en función de su uso (julio) y la precisión del huso granulométrico en la mezcla de ári-

dos (agosto). En septiembre, el calendario resalta el impacto ambiental del sector, posicionándose como líder en reciclaje dentro de la industria.

Octubre celebra la continuidad y flexibilidad de los pavimentos asfálticos y noviembre pone en valor el trabajo en laboratorio para diseñar y controlar firmes de alta calidad. Por último, diciembre cierra el año con una reflexión sobre la movilidad: recuerda que los pavimentos asfálticos permiten conexiones seguras incluso en las épocas de mayor tránsito, como las festividades navideñas.

En el calendario 2025, como en anteriores ediciones colabora, con ASEFMA la Asociación Eslovena de Pavimentación Asfáltica (Združenje asfalterjev Slovenije, ZAS) que publicará el calendario en lengua eslovena. El calendario incluye además un listado de eventos clave para el sector, entre los que destaca la Asamblea General de ASEFMA (5 de febrero), el curso de ALEAS y CEDEX sobre Ensayos de Laboratorio (18 de febrero), el Día Internacional de la Conservación de Carreteras (3 de abril), la XIV Jornada técnica de ASEFMA (4-5 de junio), el Día Mundial de la Carretera (11 de octubre), la XX Jornada Nacional de ASEFMA (29-30 de octubre) y el XXIII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto (17-21 de noviembre).

## Nuevos programas de ayudas al desarrollo de espacios de datos sectoriales y oportunidades en el sector de la movilidad

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, junto al Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, organizó una jornada informativa online para presentar las nuevas ayudas dirigidas a de-

sarrollar los Espacios de Datos Sectoriales. El evento, que se celebró online el pasado 16 de diciembre, estuvo enfocado en el sector de la movilidad y en las oportunidades que surgen para promotores, empresas tecnológicas y otros actores clave.

El Plan de Impulso de Espacios de Datos Sectoriales, lanzado el pasado 21 de noviembre con un presupuesto de 500 millones de euros, busca fomentar la innovación y mejorar la competitividad mediante la creación de espacios de datos seguros. En este sentido, la jornada del 16 de diciembre presentó las tres próximas convocatorias

- 2ª Convocatoria de Demostradores y Casos de Uso. Dotada con 65 millones de euros y diseñada para apoyar a los promotores en el desarrollo de espacios de datos, esta convocatoria busca facilitar la creación y evolución de ecosistemas de datos que impulsen la colaboración y la innovación en el sector.

- Convocatoria de Productos y Servicios Tecnológicos para Espacios de Datos. Con un presupuesto de 44 millones de euros y dirigida a apoyar el desarrollo de la industria tecnológica, esta convocatoria contempla ayudas para aplicaciones de análisis de datos, plataformas tecnológicas, software especializado, componentes técnicos y herramientas que promuevan el descubrimiento de datos y el cumplimiento normativo.

- Kit Espacio de Datos. Con una dotación de 127 millones de euros y destinado a financiar a las empresas los costes necesarios para conectarse a espacios de datos existentes, este kit ayuda a integrar y la compartir información de manera eficiente.

### ASEFMA anuncia una caída del 8,9% en el consumo de betún en España para mezclas asfálticas en 2024

El presidente de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), Juan José Potti, anunció el pasado 5 de febrero durante la Asamblea General Ordinaria de la entidad que la industria española del asfalto había cerrado 2024 con una cifra estimada de producción de mezcla bituminosa de 17 millones de toneladas. El consumo de betún para mezclas

bituminosas pasa de 629.756 toneladas a 549.936, lo que supone una caída del 8,9% respecto al ejercicio anterior y el regreso a los niveles de 2020.

“210,3 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. Este déficit se ha trasladado también al tejido empresarial: «hace 15 años había ocho suministradores de betún en España, en la actualidad solo quedan tres».

En esta misma línea el presidente de ASEFMA también refirió a los últimos datos oficiales de EAPA correspondientes la producción europea de la industria del asfalto en 2023. “España vuelve a ocupar un puesto que no le corresponde”, subrayó. “Sigue ocupando la séptima posición en producción de asfalto (18,6 millones de toneladas en 2023) por detrás de Alemania (38 millones de toneladas), Italia (31,2), Francia (30,7), Turquía (30,7), Gran Bretaña (22,6) y Polonia (19)”.

A pesar de las cifras, Potti mostró optimismo, «Ante la inquietud generada para obras de clave 32 al no aprobarse los presupuestos generales del Estado (PGE), la Dirección General de Carreteras solicitó una excepcionalidad al Ministerio de Hacienda con la que se licitaron casi 100 millones», explicó. «En el año 2024 se han adjudicado todos los contratos de servicios para firmas lo que aporta mayor estabilidad en los próximos tres años».

En materia de licitación, celebró que «todas las obras de refuerzo de firmes del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible en 2024 se licitaron por concurso», ya que dicho sistema favorece la innovación, experiencia y nuevos desarrollos, frente a las licitaciones por subasta donde prevalece el criterio económico y el producto normalizado.

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 «los socios fabricantes de ASEFMA finalizaron el proceso para la obtención de la declaración ambiental de producto (DAP) en julio de 2023 y ya están renovando los datos de producción del año 2024» y también recomendó empezar a cambiar la denomina-

ción de las «obras de rehabilitación» por «obras para la reducción de emisiones».

Finalmente mencionó las iniciativas que se están desarrollando desde ASEFMA para la captación de talento joven al sector, uno de los grandes desafíos del sector por su progresivo envejecimiento. Hizo referencia a la creación de un grupo de trabajo específico, programas de formación y cualificación personal, así como acuerdos para la contratación desde los países de origen.

### V #SeminarioATEB sobre técnicas avanzadas de pavimentación con emulsión bituminosa



El pasado 13 de febrero de 2025, la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas celebró su V #SeminarioATEB titulado “Los asociados de ATEB: a la vanguardia de las técnicas de pavimentación con emulsión”, diseñado para destacar las innovaciones y casos de éxito en el uso de emulsiones bituminosas para la pavimentación sostenible. Este evento reunió a destacados expertos, empresas asociadas y representantes de la administración pública, consolidando a ATEB como referente en el sector de las infraestructuras viarias. Se llegaron a conectar al mismo casi 150 personas.

El webinar comenzó con una presentación del mismo por parte de Dña. Nuria Uguet, como directora del Comité Técnico, seguida de una de Dña. Lucía Miranda como presidenta de ATEB, que expuso los desafíos actuales en la implementación mezclas templadas con emulsión bituminosa en España.

El seminario se compuso de una serie de presentaciones en las que empresas asociadas y representantes de la administración compartieron sus proyectos innovadores y experiencias prácticas en tecnologías que emplean la emulsión como ligante bituminoso.

El V #SeminarioATEB concluyó con una mesa redonda en la que participarán los ponentes junto a al-

gunos representantes de administraciones públicas, orientada al intercambio de ideas, la resolución de dudas de los asistentes y la discusión sobre el futuro de las técnicas de pavimentación con emulsión.

Con esta iniciativa, ATEB reafirma su compromiso con la innovación y la colaboración entre sus asociados, promoviendo soluciones que beneficien al sector y al medio ambiente.

### ALEAS y CEDEX lanzan el primer curso sobre Ensayos de Laboratorio para mezclas bituminosas



En esta primera convocatoria del curso de CEDEX y ALEAS, que tuvo lugar el pasado 18 de febrero en el CEDEX se habló de los ensayos de densidad máxima y aparente, ensayo de resistencia a la fatiga en 4 puntos y ensayo Fénix, incidiendo tanto en la ejecución como en el análisis de los resultados.

El curso se ha dirigido a los profesionales del sector en aspectos relacionados con los ensayos sobre las mezclas bituminosas; siendo sus coordinadores: D. Javier Loma (ALEAS) y D<sup>a</sup>. María Sánchez (CEDEX).

Ha tenido lugar en el Centro de Estudios del Transporte (CEDEX), contando con una numerosa participación tanto presencial como por vía streaming.

Dado el éxito de esta primera edición, ALEAS y CEDEX ya están trabajando en futuras convocatorias para seguir profundizando en los ensayos de laboratorio aplicados a las mezclas bituminosas y con ello avanzar en la formación técnica de sector.

### I Jornadas de Carreteras Sostenibles y Resilientes "Compromiso con un transporte responsable"



Las I Jornadas de Carreteras Sostenibles y Resilientes organizadas por la ATC surgen con el principal objetivo de debatir y poner en común todas estas cuestiones, reuniendo a expertos, académicos, responsables de políticas y profesionales del sector. Este evento busca por tanto fomentar el diálogo, el intercambio de ideas y el 'networking' a través de sesiones dinamizadas en torno a las mejores prácticas y tecnologías relacionadas con las diferentes temáticas. Todo ello en un entorno especial como es Segovia y alrededores.

Estas jornadas se celebraron en Segovia los días 25 y 26 de febrero y durante las sesiones del programa se exploraron enfoques innovadores destinados a la descarbonización de la construcción y conservación de las carreteras, promoviendo la reducción de emisiones, así como el uso de materiales reciclados que garanticen una economía circular. También se discutieron, entre otros, aspectos relacionados con la gobernanza y el diseño de estrategias cuyo objeto sea el aumento de la resiliencia de las carreteras frente a fenómenos climáticos extremos, garantizando que las carreteras no solo sean seguras, sino también adaptativas ante un futuro

incierto.

Por otro lado, se debatieron políticas y tecnologías relacionadas con el impulso de los combustibles alternativos, que la Comisión Europea promueve a través de instrumentos normativos como es por ejemplo el Reglamento AFIR. También hubo una sesión dedicada a analizar los impactos medioambientales de las carreteras desde las inquietudes más actuales: puesta en valor de servicios ecosistémicos, compensación de emisiones de CO2 en terrenos del dominio público de la carretera, estrategia de desfragmentación de hábitats, desarrollo de mapas de ruido ambiental en carreteras y aglomeraciones, etc.

A estas jornadas (I JCSR2025) asistieron un elevado número de expertos, académicos, responsables de políticas y profesionales del sector que intercambiaron enfoques innovadores acerca de los siguientes desafíos:

- Descarbonización de las carreteras.
- Resiliencia y adaptación al cambio climático de las redes de carreteras.
- Descarbonización del transporte por carretera.
- Impactos medioambientales.

### Abierto el plazo de envío de resúmenes técnicos para XXIII CILA hasta el 30 de marzo de 2025



El plazo de presentación de resúmenes técnicos para la vigésimo tercera edición del CILA, que se celebrará del 17 al 21 de noviembre de 2025 en la ciudad paraguaya de Asunción, está abierto. El comité técnico del congreso iberoamericano anima a empresas, laboratorios de control de calidad, universidades, centros tecnológicos y administraciones públicas a presen-

tar resúmenes de sus proyectos y trabajos técnicos vinculados a la pavimentación asfáltica.

Las propuestas de comunicaciones libres deben enviarse desde la plataforma web habilitada accesible desde [cilacongreso.com](http://cilacongreso.com) antes del 30 de marzo. El resumen debe contener:

- título de la comunicación;
- área temática a la que pertenece;
- resumen del trabajo de una longitud máxima de 300 palabras;
- datos de los autores (nombre completo, organización a la que pertenece y mail de contacto).

Dichas comunicaciones deben estar escritas en español o portugués (lenguas oficiales del XXIII CILA) y abordar, preferentemente, alguno de los siguientes temas:

1. Materiales asfálticos,
2. Agregados/Áridos,
3. Proyecto estructural de Pavimentos,
4. Construcción y conservación de pavimentos flexibles
5. Técnicas de pavimentación teniendo en cuenta la economía energética, reducción de emisiones y cambio climático,
6. Gerenciamiento de Pavimentos,
7. Miscelánea sobre materiales o aplicaciones bituminosas,
8. Formación de Recursos Humanos y divulgación técnica del asfalto.

El XXIII CILA reunirá a profesionales del sector en un foro clave para el intercambio de experiencias, la divulgación científica y el análisis de tendencias en pavimentación sostenible. Además de las sesiones técnicas, el evento contará con espacios de networking donde los asistentes podrán conectar con referentes de la industria y explorar nuevas oportunidades de colaboración.



EVENTOS  
VR / 3D

## EVENTOS EN REALIDAD VIRTUAL 3D

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

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

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

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

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

# GUIA TÉCNICA N°1. TOMA DE MUESTRAS.

En los procesos de control de calidad y ensayo de las mezclas bituminosas y de sus materiales constituyentes, una de las operaciones menos valoradas, pero con mayor relevancia en las operaciones de verificación de características y control de los materiales y de las mezclas, es la toma de muestra, que junto con el proceso de preparación de la muestra para el posterior ensayo constituye una parte fundamental en el desarrollo de los procesos de control de calidad.

Se suele pensar que realizar una toma de muestras de un material es una operación sencilla, que no requiere formación especial ya que solamente se trata de tomar una porción de un material, para su traslado y posterior análisis en el laboratorio. No se requiere ninguna certificación o acreditación de conocimientos para realizar esta operación.

Pero hay que tener en cuenta que el resultado de un ensayo, sobre una muestra procedente de un muestreo incorrecto, puede tener consecuencias no deseadas por asignar los resultados a lotes de volumen importante y tomar decisiones en base a los resultados obtenidos, de forma independiente que el ensayo se haya podido realizar correctamente.



Imagen 1. Portada de la GUIA de RECOMENDACIONES.

La guía está estructurada en diferentes apartados que nos permiten recoger las recomendaciones más importantes para varios tipos de materiales y de diferentes tipos de mezclas fabricadas con distinta tecnología de fabricación, que abarca las operaciones que son realizadas en distinta ubicación: acopio, transporte, durante el proceso de fabricación y en la puesta en obra. El enfoque principal del documento es aportar soluciones, a modo de recomendaciones, para ser tomadas en consideración en los centros de ensayo y control y calidad.

En este trabajo se hace en cada momento referencia a la normativa aplicable para la realización de la toma de muestras de cada uno de los materiales así como los distintos procedimientos utilizados que permiten obtener la información requerida a este respecto.

En el inicio del documento se indican algunas definiciones importantes relacionadas con las operaciones de muestreo, con la finalidad de aclarar y homogeneizar los conceptos más utilizados. Se adjuntan dos ejemplos:

- Lote: cantidad producida, entregada o parcialmente entregada, o acopiada que ha sido fabricada en condiciones que se suponen uniformes. En el caso de un proceso continuo, se considera lote la cantidad producida en un periodo determinado. Ej: la cantidad de mezcla bituminosa fabricada y almacenada en un silo en caliente.
- Muestra de ensayo: Porción representativa de muestra reducida necesaria para la realización de un ensayo determinado. En ocasiones la muestra reducida puede coincidir con la muestra de ensayo. Ej. Cantidad de muestra normativa necesaria para la correcta realización de una determinación

El siguiente apartado trata de las operaciones de los muestreos sobre el betún, que pueden ser efectuados en las instalaciones de fabricación del producto (refinería) o durante la descarga en la planta de fabricación de la mezcla (tuberías de descarga o tanques de almace-

## Nueva sección de Aleas

namiento), apuntando diferente metodología y dispositivos necesarios y teniendo en cuenta todos los aspectos relativos a la seguridad de los operarios.



Imagen 2. Toma muestras betunes.

Para el caso de las emulsiones o riegos, se realizan varias recomendaciones sobre la toma de muestra y el control de la dotación de la emulsión durante la puesta en obra.

La toma de muestras de los áridos puede realizarse en distintos lugares: en origen (cantera o gravera), en el transporte (camiones), de los acopios en planta o en las cintas de alimentación durante la fabricación. En cada caso, los cuidados que hay que tener y los sistemas de toma de muestra que debemos seguir son distintos, evaluando visualmente el estado de cada zona del lote establecido: segregación, suciedad, contaminación, etc..., debiendo adaptar necesidades específicas que se deben tener tomar en consideración.



Imagen 3. Toma de muestras de áridos.

En el muestreo de los asfaltos recuperados (material

fresado), en primer lugar, se debe identificar su origen y la trazabilidad del producto, distinguiendo al menos entre los materiales recibidos y materiales tratados. En la guía se hace referencia a la posibilidad que pueda obtenerse toda la información sobre la composición de la mezcla mediante la extracción de testigos del material previo a su extracción en el proceso del fresado. Es necesario la homogeneización del material con equipos de planta, como son las palas cargadoras empleadas para la alimentación de los áridos. También se aportan datos sobre la cantidad y número de las muestras, así como los ensayos a realizar en cada caso.



Imagen 4. Extracción de testigos.

La toma de muestras de mezclas bituminosas suele realizarse en la planta de fabricación o en la propia obra donde se ejecuta la capa, pero también es posible poder realizarlo sobre la mezcla terminada mediante la extracción de testigos y posterior análisis de componentes y/o propiedades. En cada caso las operaciones a realizar tienen ciertas diferencias.

En planta se puede realizar el muestreo en varias localizaciones dentro de la instalación, como es a la salida de la tolva, en el camión de transporte o descargando parte de la amasada directamente en una pala cargadora. En obra se puede realizar la toma de muestra en los sinfines de salida de la extendidora durante el proceso de colocación en la obra. En la guía se describen las recomendaciones sobre las precauciones y cuidados que hay que tener en cuenta para evitar los riesgos de segregaciones o tomas de muestra incorrectas del material, siempre tomando en consideración todos los aspectos relativos a la seguridad de los operarios.



Imagen 5. Toma de muestras de mezclas bituminosas en caliente.

Para completar esta guía, en el último apartado, se documenta los requisitos, metodología y normativa para la preparación de los materiales para realizar la reducción y/o preparación del material. Se describe la metodología adecuada en cada caso teniendo en cuenta las indicaciones de cada norma de ensayo así como los puntos que se consideran más importantes, como es la masa de las porciones, temperatura, tiempo, etc...

Esta información recogida en la GUIA permite realizar las operaciones de muestreo y preparación de las muestras con mayor garantía aportando mayor confianza en todas estas operaciones.



Imagen 6, Preparación de las muestras para el ensayo.

# I Curso de ensayos de laboratorio para mezclas bituminosas Aleas. CEDEX

Javier Loma Lozano  
María Sánchez Pallarés



El día 18 de febrero se ha celebrado la primera edición del curso sobre mezclas bituminosas de Aleas-CEDEX celebrado en las instalaciones de laboratorio del Centro de estudios del transporte del Cedex ubicado en la Autovía de Colmenar Viejo, pk 18,2.

Este curso tiene como objetivo impartir formación a los técnicos de las empresas y organismos relacionados con los laboratorios de ensayo de mezclas bituminosas recuperando un formato híbrido impartido con una parte teórica del temario y una parte práctica en el propio laboratorio. Con esta estructura es posible obtener conocimientos importantes en la primera parte del curso y complementar con una parte práctica donde se pudo ver el desarrollo de los ensayos en el laboratorio.

Al curso han asistido 31 personas de forma presencial, que han tenido acceso a la parte teórica en el salón de actos del Centro y posteriormente a las clases prácticas en los diferentes laboratorios. Se han retransmitido por streaming las presentaciones teóricas a 45 personas.

La directora del CET-CEDEX, Laura Parra, ha inaugurado el curso dando la bienvenida a los asistentes y mostrando su satisfacción por la colaboración existente con Aleas para este tipo de eventos. Por parte de Asefma, José Luis Peña como el director técnico ha explicado cual es el origen y la trayectoria de Aleas así como la importancia que tiene este tipo de cursos para el sector.

Los coordinadores del curso han sido Javier Loma Lozano, director de Aleas, y María Sánchez Pallarés, jefe del área de materiales del Cedex. Javier Loma ha comentado la composición actual de la asociación con 37 entidades de diferente origen, cuáles son los principales trabajos desarrollados en Aleas, los objetivos y los grupos de trabajo en marcha. Por su parte María Sán-

**Programa, 18 de febrero, CET-CEDEX**

**I CURSO DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEZCLAS BITUMINOSAS ALEAS-CEDEX**

**Coordinado por: Javier Loma y María Sánchez**

9:00 - 9:30 h. Inauguración  
Juan José Potti (Asefma) y Laura Parra (Directora del CET-CEDEX)

9:30 - 10:00 h. Ensayo de densidad máxima y aparente  
Pablo Álvarez (BECSA)

10:00 - 10:30 h. Ensayo de fatiga a flexión en 4 puntos sobre probetas prismáticas  
Rafael Jiménez (CEDEX)

10:30 - 11:00 h. Ensayo Fénix  
Félix Pérez y María Sánchez (CEDEX)

11:00 - 11:30 h. Café

11:30 - 13:30 h. Clases prácticas impartidas por el CEDEX

13:30 - 14:00 h. Coloquio y clausura

El "I Curso de ensayos de laboratorio ALEAS-CEDEX" tiene por objetivo formar a los profesionales del sector en aspectos relacionados con ensayos que se realizan sobre las mezclas bituminosas.

En esta primera edición se tratarán los ensayos de densidad máxima y aparente, resistencia a la fatiga y ensayo Fénix, incidiendo tanto en la ejecución como en el análisis de los resultados.

Precio: 325€ más IVA socios ALEAS: 195€ más IVA  
asefma@asefma.com.es

Streaming HD ofrecido por itafec. Usa el hashtag: #CursoAleasCedex

Logos: aleas, CEDEX, asefma, LinkedIn, Facebook, Twitter, YouTube.

## I curso de ensayos de laboratorio para mezclas bituminosas Aleas.CEDEX

chez Pallarés ha destacado la importancia de realizar trabajos de anillo de ensayos interlaboratorios para conseguir aunar los criterios y homogeneizar todos los procedimientos de los ensayos.

La parte teórica del curso se ha desarrollado con la presentación de 3 ensayos de mezclas bituminosas que han sido considerado como importantes para el desarrollo del diseño y del control de calidad de las mezclas en la actualidad, teniendo en cuenta los nuevos materiales y la problemática existente en las obras de asfaltado.



Fotografía inauguración del curso.

El ensayo de determinación de densidad aparente y densidad máxima ha sido impartido por Pablo Alvarez, jefe de laboratorio e I+D+i de Becsa, que ha mostrado las diferentes formas posibles para realizar la determinación del ensayo así como los principales parámetros a tener en cuenta, señalando la problemática que existe al no seguir procedimientos uniformes por los laboratorios.



Fotografía presentación ensayo de densidad.

El ensayo de fatiga a 4 puntos impartido por Rafael Jimenez, coordinador científico-técnico del Cedex, ha explicado el funcionamiento del ensayo de fatiga, haciendo hincapié en las diferentes metodologías que la norma permite, así como los problemas que pueden

aparecer al comparar ensayos realizados con distintos procedimientos.



Fotografía presentación ensayo de fatiga.

Por último, el ensayo Fenix ha sido presentado por María Sánchez Pallarés, con un primer recuerdo a Felix Pérez como la persona que ha desarrollado e impulsado el ensayo. María ha descrito como se efectúa el procedimiento de preparación de las probetas y la ejecución del ensayo Fénix, incidiendo en la importancia del tratamiento de la muestra y preparación del ensayo para obtener resultados con garantías. Este ensayo ha sido mostrado como un buen método que permite detectar diferencias entre mezclas con distintas composiciones, incluidas aquellas que llevan RA, y señalando la importancia de utilizar de forma generalizada este método. También ha anunciado la próxima aparición de una nueva versión de la norma de ensayo.



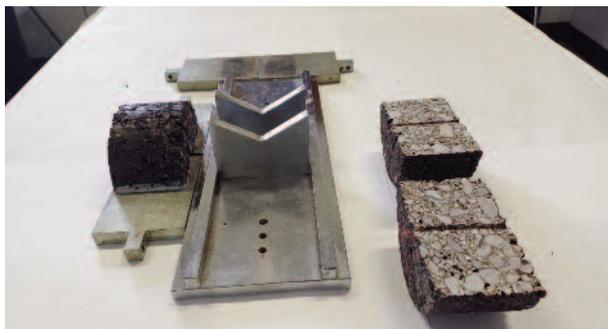
Fotografía presentación ensayo Fénix.

Tras el descanso para el café se ha procedido pasar a las clases prácticas dividiendo el alumnado en tres grupos, de forma que cada uno de ellos pasase por los tres ensayos descritos. Se ha reproducido en cada zona de ensayo el procedimiento operativo de cada uno de ellos, explicando el proceso que se debe seguir, los cuidados a tener en cuenta, en definitiva, los detalles que hacen que el ensayo pueda realizarse con garantías y calidad.

## I curso de ensayos de laboratorio para mezclas bituminosas Aleas.CEDEX



Fotografía clase práctica densidades.



Fotografía destalles.

Para esta parte del curso, agradecer la colaboración del personal del Cedex: Olga, Eva, Belén, Gema y Jesús, que han mostrado sus habilidades con el desarrollo de estos trabajos.

Para finalizar la jornada se ha realizado un coloquio en el que los asistentes han podido transmitir las dudas o comentarios sobre estos ensayos.

Preguntas como ¿Cuál debe ser el control del equipo Fénix? ¿influye el tamaño máximo del árido en los resultados del ensayo Fénix? ¿Sería conveniente ampliar el rango de medida tras llegar al 50% del modulo en el ensayo de fatiga? o ¿diferencias entre la densidad aparente de una mezcla abierta en testigos (pequeño espesor) y probetas fabricadas en laboratorio?



Fotografía del coloquio final.

La evaluación del curso por los asistentes ha sido positiva con una valoración de 9 sobre 10 destacando la iniciativa de formación teórico-práctica, importancia de los ensayos tratados en el curso, solicitando nuevas ediciones con nuevos tipos de ensayos.

Este ha sido la primera edición de los cursos que se van a celebrar el Aleas con el objetivo de continuar con un trabajo de formación necesario para nuestro sector y le de valor a nuestra actividad y profesión.



Fotografía asistentes.

Tanto por parte de Javier Loma como por María Sánchez, coordinadores del curso, este el curso ha cumplido con creces sus expectativas y se muestran muy satisfechos con el logro alcanzado. Consideran que es un trabajo que debe tener continuidad y así apostar por la formación del personal técnico de nuestros laboratorios en nuestra actividad.

# Lecturas recomendadas

***“Evaluation of a Prediction Procedure for Pavement Reflective Cracking”. 2024. Austroads Ltd. 57 páginas.***

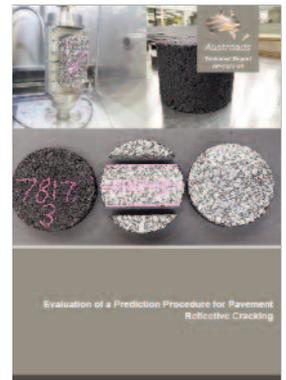
En un paso hacia la prolongación de la vida útil de las obras de rehabilitación de pavimentos, las investigaciones recientes han avanzado en el perfeccionamiento del diseño de las capas de asfalto para mitigar el agrietamiento por reflexión.

Este nuevo informe de Austroads detalla los hallazgos de la investigación sobre procedimientos de predicción y formas de mejorar la práctica actual para reforzar la longevidad y la rentabilidad de los tratamientos de rehabilitación de pavimentos.

Cuando se aplican tratamientos de rehabilitación de pavimentos a capas de pavimento agrietadas o con juntas, las grietas pueden reflejarse a través del tratamiento y reducir las prestaciones a largo plazo del pavimento. La propagación de una grieta desde el pavimento existente hacia y a través de una capa de asfalto se conoce como agrietamiento por reflexión. El agrietamiento por reflexión es causado principalmente por el tráfico y las cargas ambientales.

El informe aborda los hallazgos de un proyecto más amplio de Austroads sobre el agrietamiento por reflexión e investiga el modelo de predicción del Instituto de Transporte de Texas (TTI). El trabajo se centró en comprender la metodología TTI y su software asociado, y en evaluar la viabilidad de adoptarla en el contexto de los métodos de diseño australianos y neozelandeses para pavimentos flexibles. El proyecto concluyó que para cambiar con confianza el enfoque de diseño recomendado en las Guías de Austroads, se requiere una investigación exhaustiva sobre el rendimiento del agrietamiento por reflexión en servicio en una amplia gama de climas australianos y neozelandeses.

<https://austroads.gov.au/latest-news/evaluation-of-a-prediction-procedure-for-pavement-reflective-cracking>





### *“Medidas para mejorar la resiliencia de los pavimentos” (2023). PIARC. 57 páginas*

En este informe se analiza la capacidad de recuperación de los firmes en relación con diversos problemas de vulnerabilidad derivados de perturbaciones o peligros debidos al cambio climático, el tráfico de vehículos y las catástrofes naturales y provocadas por el hombre. A efectos de este informe, la resiliencia se aborda desde una perspectiva "ascendente" o a nivel de objeto.

Se describen los posibles impactos de las tres categorías de factores de estrés de los firmes mencionadas anteriormente: el cambio climático, el tráfico de vehículos y las catástrofes naturales y provocadas por el hombre. En este informe se contemplan varias medidas para aumentar la resistencia de los firmes frente a estos impactos. Aunque una medida determinada puede ser una solución útil para mitigar múltiples impactos adversos de estos factores de estrés, las medidas se describen por separado con respecto a cada área de aplicación. Las medidas para aumentar la resistencia se agrupan por tipo de pavimento: pavimentos de asfalto, pavimentos de hormigón y capas de base.

Estas medidas pueden aplicarse durante la fase de diseño de un pavimento mediante el uso de materiales innovadores, o mediante un método de diseño adaptado, teniendo en cuenta parámetros más extremos como el aumento de las temperaturas y las cargas de tráfico más agresivas.

<https://www.piarc.org/es/pedido-de-publicacion/42341-es-Medidas%20para%20mejorar%20la%20resiliencia%20de%20los%20pavimentos%20Informe%20t%C3%A9cnico>

#74

## AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“El desarrollo e innovación continua en las mezclas asfálticas permite disponer de soluciones muy eficientes en cuanto a Seguridad Vial con un alto nivel de adherencia y bajo riesgo de hidroplaneo” (Editorial)

#CONFORT\_Y\_SEGURIDAD



Dr. Juan José Potti, Asefma

Asphalt 4.0: The roads of the future and the future of mobility

## Asphalt 4.0: The roads of the future and the future of mobility

### Strengths and weaknesses of the activity

- **Strengths:** we are the most innovative sector of the road, our work is seen by all citizens, politicians turn to us in electoral campaigns, we are the industry with the greatest capacity for reuse in the world, the effort in R&D is enormous, there are many congresses and conferences, etc...
- **Weaknesses:** we are very endogamic, we do not direct our messages to the citizen, comfort and safety is not enough to defend the conservation of pavements, we use inappropriate terminology, the capacity to incorporate new products is very slow, the average age of the sector is very high, there is a lack of incorporation of young people, etc...



Image created by AI Asphalt 4.0

XXV. HAPA NEMZETKÖZI ASZFALT KONFERENCIA

Figura 2. Fortalezas y debilidades sectoriales (presentación Juan José Potti, XXV HAPA Congress, 18 marzo 2025)

mezcla bituminosa: Padecasa, Becsa, Sorigué, Pavasal, Guerola, Campezo, Orsa, Eiffage, CHM, Misturas, Viaria y Virtón. Hay 6 socios institucionales: Cedex, AENA, la DGC de la Junta de Castilla-León, la Demarcación de carreteras de Murcia, la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), la Universidad de Cantabria (Unican) y 1 socio adherido: la empresa Dynapac.

La actividad generada por las empresas españolas asociadas a Asefma en la transformación digital del sector es espectacular, a nivel nacional e internacional. En las 3 ediciones celebradas por la "International Conference on Asphalt 4.0" el país que ha presentado más comunicaciones técnicas en cada una de las 3 ediciones ha sido claramente España. Esto demuestra claramente la pujanza del sector.

Desarrollos ya consolidados como PAV-DT® de la empresa Becsa, el proyecto Sensasfalt® de la empresa Padecasa, el proyecto Safety Pav® de Pavasal, reciente ganador de la primera edición a la Innovación en Seguridad Laboral (ISL) en el sector de la pavimentación asfáltica, etc... muestran la pujanza y el nivel de desarrollo que se ha alcanzado en España en materia de digitalización aplicada a la pavimentación. Parece oportuno por tanto dar la bienvenida y hacerse eco en estas páginas de la creación de ese grupo "Asphalt 4.0 de

Asefma", dentro de esta sesión, en la seguridad de que esa primera monografía construirá un documento de referencia y sin lugar a dudas un ejemplo para otras próximas iniciativas.

# Observatorio del sector

## Producción de mezclas bituminosas en 2023

La estadística de producción de mezclas asfálticas, publicada anualmente por la

European Asphalt Paving Association (EAPA) mediante el informe "Asphalt in Figures", es el documento de referencia del sector de la pavimentación asfáltica. Además de información cuantitativa de producción facilita información muy valiosa sobre tendencias tecnológicas y cuestiones medioambientales.

Muy recientemente se han publicado los datos correspondientes a la anualidad 2023, que se pueden descargar a través del siguiente enlace: <https://eapa.org/asphalt-in-figures/>

Siguiendo la tendencia de 2022, a nivel global se aprecia una ligera disminución de la producción (aproximadamente un 4%), tanto en el conjunto de Europa como en el grupo de países de la Unión Europea (EU-27).

Pero Asphalt in Figures no solo facilita información acumulada de producción, sino que la desagrega, lo que genera valor adicional al comparar los datos de los diversos países. Así, podemos saber en qué se emplea la producción de mezclas asfálticas.

El importante deterioro acumulado de las carreteras españolas origina que la escasa inversión disponi-

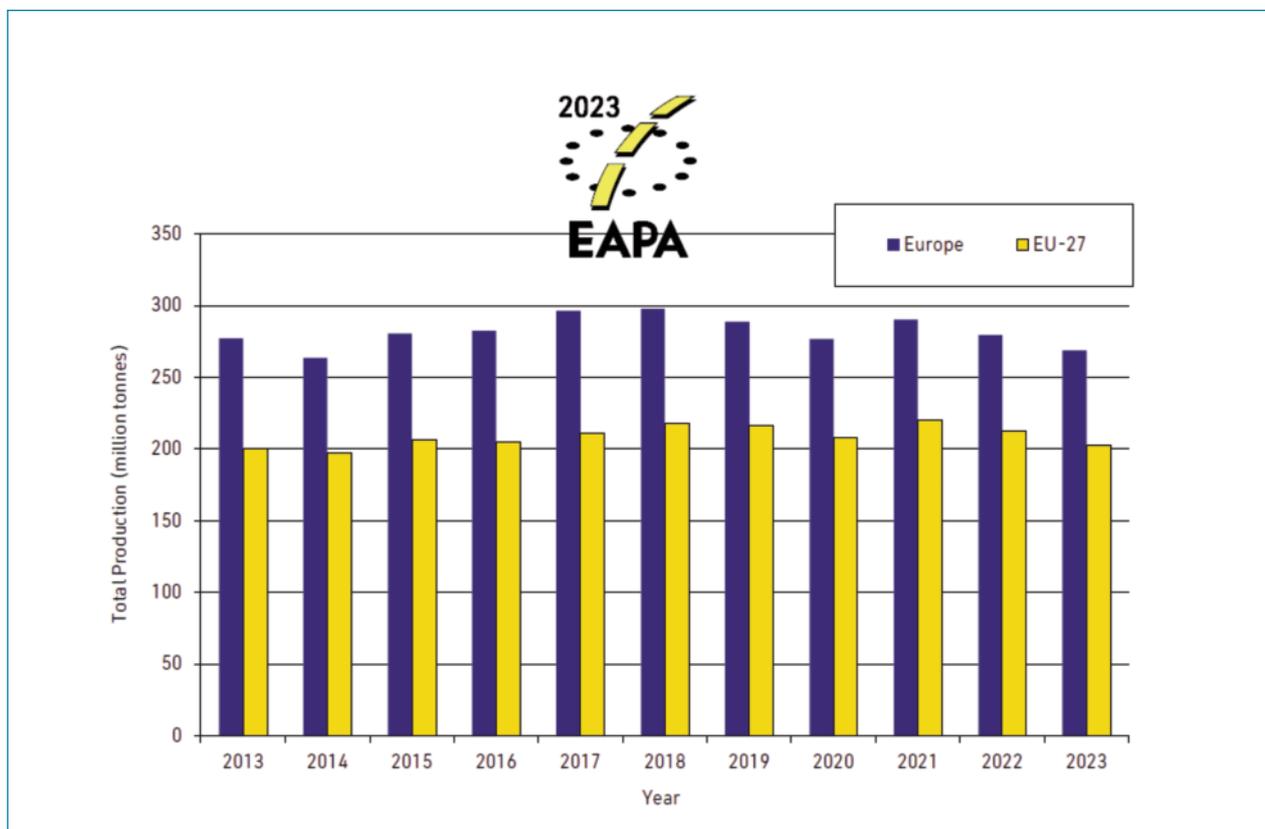


Figura 1. Producción total de mezclas bituminosas en la Unión Europea y en Europa en 2023

## Observatorio de Mercado: PRODUCCIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN 2023

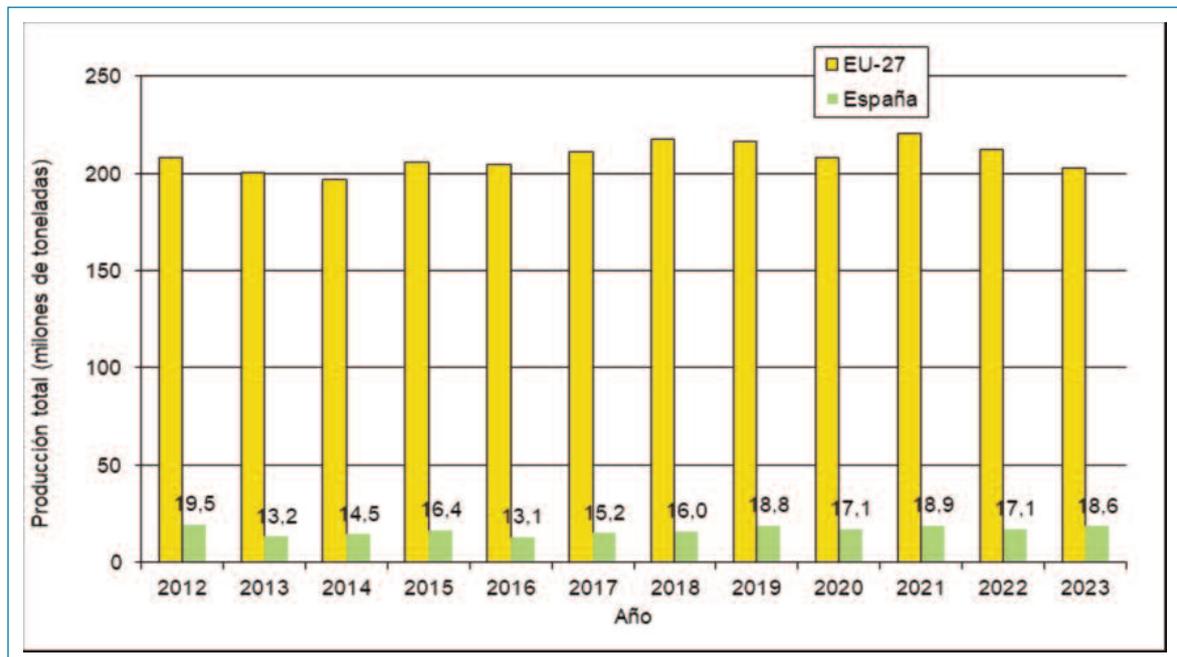


Figura 2. Comparación de la producción de mezclas bituminosas en la Unión Europea y en España

ble se utilice para resolver problemas urgentes, centrandose el uso de la producción en mezclas para capas de rodadura. En la Tabla 1 se muestra cómo España es de los países que menos mezclas bituminosas utiliza para capas intermedias y de base, lo que da idea de que la rehabilitación de las carreteras es mayoritariamente funcional y no estructural. El único país que nos supera en el porcentaje de mezclas dedicadas a capas de rodadura es Noruega y esto se debe al gran daño que sufren los pavimentos en dicho país por el uso de neu-

Country	Surface course	Binder course	Base course
Austria	35	15	50
Belgium	51	0	49
Croatia	61	4	35
Czech Republic	54	23	23
Denmark	42	7	51
Estonia	66	7	27
Hungary	64	34	2
Italy	50	30	20
Lithuania	46	23	32
Norway	80	10	10
Portugal	63	18	19
Slovakia	57*	31*	12*
Slovenia	53	8	39
Spain	71	21	8
Switzerland	28	32	40
Turkiye	34	42	24

Tabla 1. Porcentajes de aplicación de las mezclas bituminosas por tipo de capa

máticos claveteados.

También es muy reseñable ver qué tipos de mezclas bituminosas se emplean como capas de rodadura (Tabla 2). Por supuesto, las mezclas AC encabezan el ranking, pero las mezclas SMA ya ocupan un lugar muy prominente en muchos países, siendo de manera global la segunda mezcla más utilizada como capa de rodadura.

Otro dato importante de la estadística europea tiene que ver con el desarrollo de las mezclas fabricadas a menor temperatura (Tabla 3), especialmente las mezclas semicalientes. Los datos recogidos son bastante decepcionantes ya que no se detectan tasas de crecimiento reseñables de estas tecnologías. Un caso singular es el de EE.UU. la National Asphalt Paving Association (NAPA) ha publicado que en 2022 se han fabricado 104 millones de toneladas de mezclas semicalientes.

Si se mira la serie histórica, se puede ver una caída en la producción, pero esto se debe al hecho de que contabilizan por separado las mezclas fabricadas con tecnología semicaliente a menor temperatura y las fabricadas con tecnología semicaliente a las temperaturas estándar de las mezclas en caliente. En este último caso, la producción fue de 71 millones de toneladas en 2022, por lo que la producción total con tecnología semicaliente fue de 175 millones de toneladas.

Country	Asphalt concrete EN 13108-1	Asphalt concrete for very thin layers EN13108-2	Soft Asphalt EN 13108-3	Hot Rolled Asphalt EN 13108-4	Stone Mastic Asphalt EN 13108-5	Mastic Asphalt EN 13108-6	Porous Asphalt EN 13108-7
Austria	38,0	0,0	0,0	0,0	60,0	2,0	0,0
Belgium	70,2	0,1	0,0	0,0	27,1	0,8	1,7
Croatia	91,5	0,2	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0
Czech Rep	86,0	0,2	0,0	0,0	12,0	1,0	0,1
Denmark	57,8	0,0	0,0	0,0	41,5	0,0	0,7
Estonia	86,9	0,0	0,0	0,0	12,7	0,0	0,4
Hungary	91,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	1,0
Lithuania	86,2	0,2	2,8	0,0	10,8	0,0	0,0
Portugal	86,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	9,0
Slovakia	92,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,5	0,1
Slovenia	89,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	1,0
Spain	86,9	9,1	0,0	0,0	3,1	0,0	0,9
Switzerland	no data	no data	no data	no data	2,0*	3,0*	4,0*
Turkiye	95,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0

Tabla 2. Tipos de mezclas utilizadas como capas de rodadura

La razón por la que se utilizan tecnologías semicalientes a temperaturas propias de mezclas en caliente es doble: aumentar la distancia de transporte a la que las mezclas llegan con suficiente manejabilidad y facilitar las tareas de pavimentación en épocas con bajas temperaturas.

El informe "Asphalt in Figures" contiene mucha más información que merece ser analizada con detalle

ya que permite estudiar con perspectiva temporal la evolución de los mercados para cada una de las tecnologías de fabricación, por lo que animamos a una lectura detallada del mismo.

Country	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Austria	0,000	0,000	0,000	0,000	no data	0,150	1,500*				
Belgium	no data	no data	<0,05	no data	<0,050	0,100	0,200	0,300	4,630*	0,167	0,120
Croatia	0,000	0,040	0,060	0,060	no data	no data	no data	0,075	0,080	0,080	0,220
Czech Rep	0,030	0,001	0,020	0,007	0,070	0,080	0,001	0,001	0,010	0,010	0,010
Denmark	0,120	0,200	0,200	0,250	0,340	0,330	0,320	0,320	0,330	0,310	no data
Estonia	no data	0,00015	0,001	0,006							
Finland	0,000	0,120	0,240	0,310	0,430	0,310	0,200	0,200	0,200	no data	no data
France	3,550	4,023	4,552	4,324	3,824	3,728	4,305	4,058	6,520	7,795	no data
Germany	no data	0,500*	1,500*								
Great Britain <sup>1</sup>	<1,000	<1,000	no data	<0,300	<1,000	<1,000	>1,000	1,000	1,000*	>1,500*	6,780*
Hungary	0,020	0,038	0,070	0,208	0,210	0,000	0,180	0,350	0,000	0,014	0,046
Ireland	no data	0,200	0,250								
Lithuania	no data	0,543									
Netherlands	0,060	0,133	0,100	0,100*	0,060	no data					
Norway	0,380	0,540	0,592	0,502	0,869	1,339	1,740	1,851	1,754	1,687	1,600
Portugal	no data	0,100	0,500	1,010	0,200	0,100					
Slovakia	no data	no data	0,014	0,035	0,050	0,030	0,035	0,004	0,011	0,100*	0,104*
Slovenia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050	0,002	0,000	0,040	0,001	0,160	0,190
Spain	0,086	0,140	0,140	0,060	0,200	0,180	0,380	0,500	0,650	0,450	0,650
Switzerland	0,870	0,388	no data	no data	no data	no data	0,500	no data	no data	no data	0,030
Turkiye	no data	no data	0,080	0,151	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,130	0,000
USA <sup>2</sup>	69,0	103,0	109,0	106,0	133,0	143,0	150,0	169,0	85,0	no data	no data

Tabla 3. Producción de mezclas semicalientes

# SMOPYC 2026

15 A 18 ABRIL

15 TO 18 APRIL

## Construimos un mundo más sostenible

*Building a more sustainable world*

[www.smopyc.es](http://www.smopyc.es)



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

20 INTERNATIONAL SHOW  
OF PUBLIC WORKS, CONSTRUCTION  
AND MINING MACHINERY

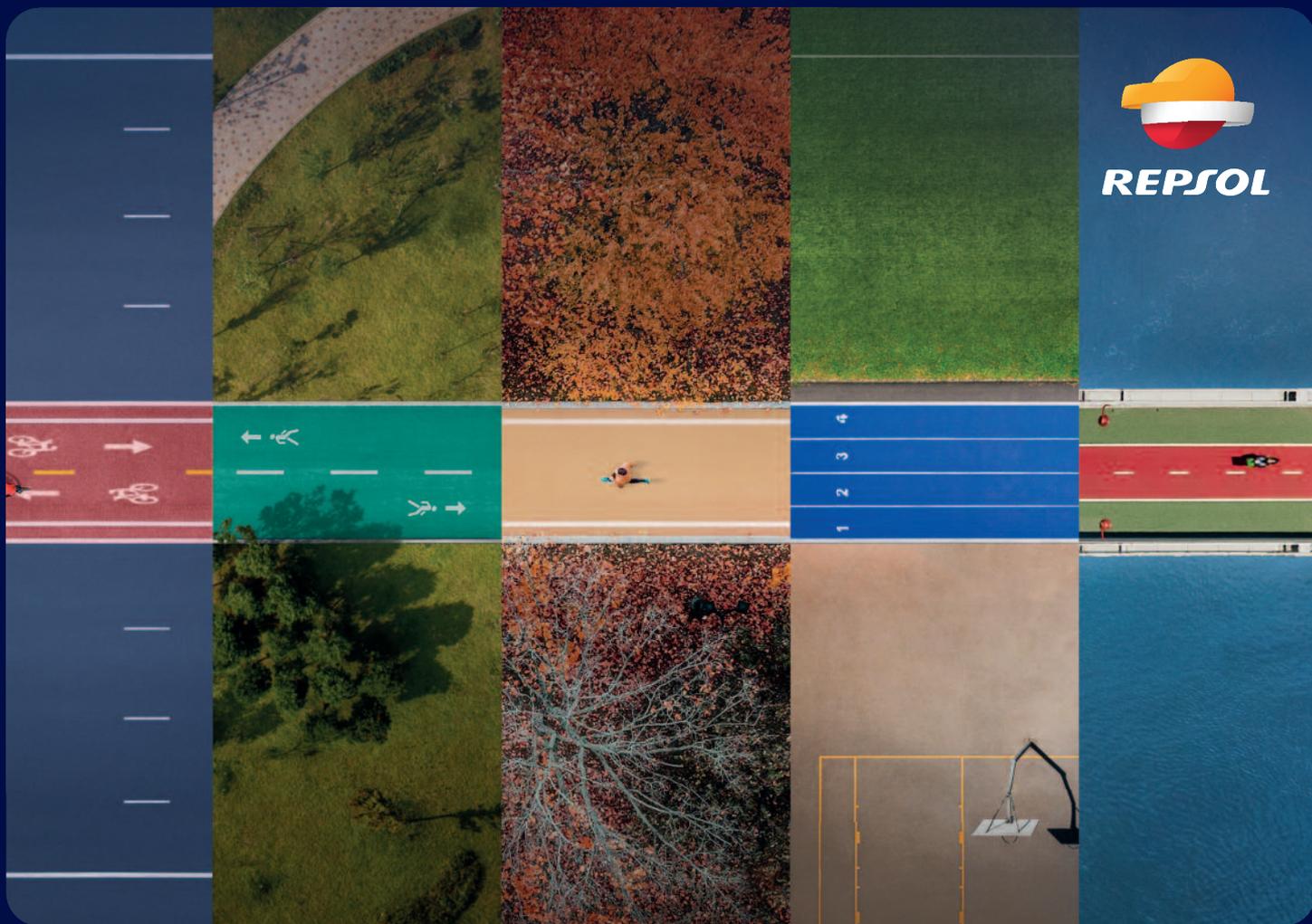
# ESPECIALISTAS EN LA CARRETERA

## Infraestructuras, equipamientos y materiales



**Editorial Prensa Técnica**

Castiello de Jaca, 29, 3ª Puerta 2 • 28050 Madrid  
Tel. 91 287 71 95 • Directo 629 877 460  
E-mail: [info@editorialprensatecnica.net](mailto:info@editorialprensatecnica.net)  
Web: [www.editorialprensatecnica.net](http://www.editorialprensatecnica.net)



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

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 Technology 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.

Descubre más aquí

