Pavimentación Número 36: Volumen X · Primer trimestre · 2020





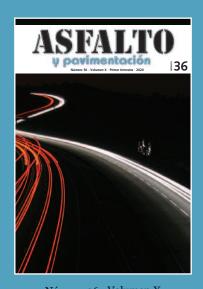
Garantia enfirme

Quien está acostumbrado a acometer grandes proyectos sabe que confiar en Galp significa tranquilidad para su obra. Desde combustibles a fuelóleo, pasando por los betunes e incluso lubricantes, Galp garantiza un servicio y acompañamiento técnico orientado al cliente, siempre aportando la mejor respuesta en los momentos críticos. Una seguridad que sólo alguien que trabaja mano a mano con el cliente puede ofrecer.

Use nuestra energía y ¡manos a la obra!

Tel: 91 714 67 00 - Fax: 91 714 68 29 Email: buzon.espana@galpernergia.com





Número 36 · Volumen X Primer trimestre · 2020

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

María del Mar Colás, Andrés Costa, Jesús Felipo, Jacinto Luis García Santiago, Lucía Miranda, José Luis Peña, Nuria Querol, María del Carmen Rubio, Ángel Sampedro, José Antonio Soto

Secretario

Andrés Pérez de Lema

Coordinador

Francisco Muriel

Secretaría

Lies Ober

Editorial Prensa Técnica, S. L.

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

Suscripción anual (4 números)

España: 10 € Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189 Depósito Legal: M21967-2011

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

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

Sumario

Número 36 · Volumen X · Primer trimestre · 2020

2019 un año positivo en lo relativo pero malo en valor absoluto	05
Tribuna Pablo Sáez	07
Tribuna José Luis Peña	09
Tribuna Jorge Cárdenas - Paul Garnica	11
Implementación de un modelo climático a un sistem probabilístico de diseño de pavimentación flexibles empírico-mecanicista José Omar Melchor - Carlos Chávez - Luis Alberto Morales Jorge Alarcón - Ignacio Cremades	
Secciones fijas Ensayos, Normativa	25
Patologías de los Pavimentos Andrés Costa	33
¿Sabemos cuál es, realmente, el ligante que gobiern comportamiento de una mezcla reciclada y en qué proporción lo hace? Jacinto Luis García	37

Secciones fijas

Juan José Potti, nuevo epresidente de EAPA

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

51



2019 un año positivo en lo relativo pero malo en valor absoluto

n la Asamblea General de Asefma 2020 se han ofrecido, un año mas, los primeros datos acerca de la actividad de pavimetación en España. Ya viene siendo una tradición. Es una información fundamental para poder valorar el volumen de actividad desarrollado el año anterior y así poder extraer conclusiones acerca de la evolución referida a los años anteriores. La Asamblea General de Asefma siempre se desarrolla en enero o febrero, por lo que resulta todo un desafío poder aportar un dato para la serie estadística sólo algunas semanas después de la finalización del año anterior.

El dato que aporta Asefma en la Asamblea es el de consumo de betún en España para la fabricación de mezclas bituminosas a partir de la información anónima e independiente de todos y cada uno de los suministradores de betún en España. Las previsiones eran moderadamente positivas pero los datos obtenidos han sido más concluyentes, el año 2019 se ha cerrado con un crecimiento en el consumo de betún del 16,5%, respecto a 2018. Una evolución superior al 15% es una evolución positiva en valor relativo.

El dato, sin embargo, en valor absoluto permite predecir que la producción de mezcla bituminosa en España será ligeramente superior a los 18 millones de toneladas de mezcla bituminosa. Este dato se podrá precisar mejor a partir de la estadística ofrecida por las empresas fabricantes de mezclas bituminosas a Asefma y se harán públicos a mediados de este año. En cualquier caso, no suele diferir demasiado de este avance ofrecido a partir del consumo de betún. Dando por buena esta previsión, superar los 18 millones de toneladas de producción de mezcla bituminosa es muy insuficiente para un país que tiene la segunda red de carreteras de mayor longitud de los países de la Unión Europea, tras Francia. Según los datos de EAPA, la producción de España es la séptima de Europa.

Según el Presidente de Asefma, la producción de España debería ser de 30 millones de toneladas, más o menos el 10%, como rango máximo de dispersión. Sin embargo la serie estadística de produccion de mezcla bituminosa en España desde el año 2010 es demoledora: en el año 2010 la producción en España fue 34,4 millones de toneladas, 29,3 millones en 2011, 19,5 millones en 2012, 13,2 millones en 2013, 14,5 millones en 2014, 16,4 millones en 2015, 13,1 millones en 2016, 15,2 millones en 2017, 16,0 millones en 2018 y unos 18,5 millones en 2019. Es decir, desde el año 2011 España no alcanza el valor de producción que le corresponde en razón de su longitud de la red de carreteras, tráfico de la red, etc... Ocho años bajo mínimos suponen un deficit acumulado enorme en nuestra red de carreteras que el informe de inspección más reciente de la AEC valora en más de 6.500 millones de euros.

Este déficit acumulado debemos recuperarlo cuanto antes porque esas cifras no son sólo falta de confort y seguridad para los usuarios de las carreteras o perdida de valor patrimonial de la red de carreteras, Asefma y EAPA vienen desde hace más de 3 años hablando de la influencia del estado de conservación de las carreteras en el consumo de combustible y más concretamente en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Ante la importancia del problema y su magnitud, en la Asamblea de Asefma se aprobó comenzar un proyecto de investigación para recopilar datos reales de las emisiones asociadas al estado de conservación de las carreteras de España, medidas sobre vehículos reales circulando por las carreteras actuales. Sin lugar a duda un desafío imprescindible en los tiempos actuales.

Como conclusión, 2019 ha sido un año positivo en lo relativo pero malo o muy malo en valor absoluto. El sector de la pavimentación sigue sin salir de la crisis.

1-4 ABRIL/APRIL ZARAGOZA (ESPAÑA/SPAIN)

SMOPYC

2020

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

18 INTERNATIONAL SHOW OF PUBLIC WORKS, CONSTRUCTION AND MINING MACHINERY

www.smopyc.es



LOS TRES PILARES DE LA VIALIDAD **INVERNAL:**

Educación vial, información veraz, en tiempo real y eficaz, y reacción inmediata, claves para la vialidad invernal



Pablo Sáez Villar Director General de Acex



@JPabloSaez

De entre las operaciones sistemáticas que se abordan en la conservación ordinaria de nuestras carreteras está la de vialidad invernal que, sin duda, es la que más preocupa a los gestores y empresas de conservación, por la repercusión mediática y política que de ella de deriva.

Cuando hablamos de vialidad invernal, hay que tener en cuenta la particularidad de nuestro país: España no cohabita con la nieve. A diferencia de otros países del centro y norte de Europa, Norteamérica y algunos asiáticos que sí cohabitan y para los que resulta habitual y normal circular "en blanco". Pero, además, en estos países es obligatorio el cambio de neumáticos; en España, no.

Para nosotros la nieve es un elemento hostil que hay que quitar de la carretera. Esto parece razonable, porque nuestra climatología, más mediterránea, nos induce a ello.

Además, hay una situación que tampoco existe en los países centroeuropeos ni en los nórdicos: ellos disponen de un territorio muy llano. Al contrario que en España donde nuestra orografía está formada por rampas y pendientes muy significativas y, mientras que en la nieve se puede circular en recta y en llano con una relativa seguridad -siempre y cuando se usen unos neumáticos adecuados-, cuando nos tenemos que enfrentar a rampas o pendientes la circulación

Sin embargo, los colapsos y problemas derivados de las

nevadas no son exclusivos de nuestro país. La nieve no discrimina y algunos países europeos se han enfrentado a este tipo de incidencias en numerosas ocasiones.

Para hacer frente a estas circunstancias y evitar incidencias en la carretera, desde la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX), consideramos que hay tres pilares fundamentales para asegurar una buena movilidad en periodo de condiciones climáticas adversas: educación vial, información veraz, en tiempo real y eficaz para el usuario, y reacción inmediata por parte de la Administración y de las empresas de conservación.

En los últimos años, los medios de comunicación apuntaban a la falta de planificación como causa fundamental de la incidencia invernal en nuestras carreteras, pero esta afirmación denotaba un claro desconocimiento del funcionamiento del sistema, puesto que en el momento que se recibe un aviso por nevadas de AEMET, la concesionaria de la carretera tiene que tener dispuesto todo el operativo para actuar, realizar un tratamiento preventivo, ubicar los equipos en lugares predeterminados —por si se confirma la nevada—, y gestionar las comunicaciones con las diversas administraciones y con los usuarios. Si bien es cierto que en esta campaña 2019-2020 se aprecia un cambio de tendencia en el tratamiento de la información de vialidad invernal, siendo más informativa y analítica que en épocas pasadas.

En España seguimos sin tener suficiente educación vial. Ante condiciones climatológicas adversas, nadie se plantea la conveniencia de no realizar el recorrido. Además, un número elevado de conductores no lleva cadenas en el vehículo y de los que las llevan, muchos no saben cómo ponerlas y, lo que es aún más importante, no saben conducir en un firme con nieve, algo que resulta comprensible porque no cohabitamos con la nieve pero este desconocimiento gene-

LOS TRES PILARES DE LA VIALIDAD INVERNAL:

Educación vial, información veraz, en tiempo real y eficaz, y reacción inmediata, claves para la vialidad invernal

ra problemas puntuales que hacen que las quitanieves no puedan realizar su función.

Otro de los aspectos clave en los planes de vialidad invernal en el que hay que hacer especial hincapié —y del que apenas se habla— es la comunicación. En momentos de grandes precipitaciones y colapsos en nuestras carreteras, en los medios de comunicación se han recogido numerosos testimonios de usuarios que afirman que los paneles de la autopista avisaban de que estaba cortada en cierto punto kilométrico, pero que en ningún momento se les impidió continuar su marcha, lo que es un claro exponente de que se ha transmitido una información real y veraz, pero de dudosa eficacia. Claro exponente que nos indica que no es suficiente con lo afirmado hasta este momento sobre la necesidad de dar al usuario una información veraz y en tiempo real. Es evidente que aunque la información cumpla ambas características de veracidad y adecuada en el tiempo, los gestores deben buscar la eficacia en dicha comunicación. Sin duda esta es una gran lección aprendida en los temporales acaecidos a principio del año pasado.

El tercer pilar recae en su totalidad en los gestores de la carretera y en las empresas de conservación, la rapidez de respuesta. De poco sirve que los usuarios tengan una educación vial adecuada, que la información que se les transmite sea veraz, en tiempo real y eficaz, si no se atienden los temporales con medios humanos y mecánicos de forma rápida.

En España, el periodo de vialidad invernal se extiende de noviembre a abril, aunque las empresas de conservación y concesionarias trabajan durante todo el año evaluando las incidencias de la campaña anterior y modificando los protocolos en caso necesario.

Asimismo, meses antes del inicio de la campaña, comienzan a acondicionar sus equipos de vialidad invernal para que, con la llegada de la época de nevadas, los medios disponibles puedan ser desplegados ante situaciones climatológicamente adversas. Para la actual campaña 2019-2020, el Ministerio de Fomento dispone en la Red de Carreteras del Estado de 1.418 máquinas quitanieves y 245.460 toneladas de fundentes, sobre todo sal, distribuido en 348 almacenes y 546 silos, con objeto de garantizar el tránsito seguro por las carreteras en situaciones de heladas y nevadas. Además, durante este periodo, todo el personal de conservación se centra en asegurar la correcta vialidad invernal, es decir más de 4.000 operarios. A ello hay que añadir el personal, equipos y medios del resto de administraciones de carreteras, con lo que en el conjunto de las redes de nuestro país se llega a 12.000 operarios, 2.500 máquinas quitanieves y 350.000 toneladas de fundentes.

#78

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

"Las mezclas SMA son claves en la consecución de actuaciones de construcción y rehabilitación más durables y sostenibles" Orden Circular OC 3/2019 sobre mezclas bituminosas tipo SMA (Normativa)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

El uso adecuado del "asfalto recuperado" en las mezclas bituminosas



José Luis Peña Vocal de la revista Asfalto y Pavimentación



@joluperd

Las cuestiones relacionadas con la economía circular están en boca de todos y conceptos como sostenibilidad, reutilización o reciclado ocupan, no solo espacio en los medios de comunicación técnicos, sino en los generalistas.

El sector de la pavimentación asfáltica es un pionero en estas ideas, ya que hace décadas que la reutilización o reciclado del material procedente de la demolición de los pavimentos asfálticos ha sido una práctica habitual y están entre los más reciclados.

Así, podríamos decir que nos encontramos en una situación inmejorable y que no requiere darle muchas vueltas a la cabeza. Como el conformismo no es un buen consejero, aún debemos enfrentarnos a diversos retos que se describen a continuación.

En primer lugar, el hecho de que el fresado procedente de la demolición de carreteras siga siendo en la legislación europea un residuo no peligroso (su codificación LER es 17 03 02) complica las tareas de recogida, clasificación y utilización. Diversos países europeos están analizando la posibilidad de conseguir el fin de la categoría de residuo para este tipo de materiales por lo que es de esperar que en un futuro no muy lejano la utilización del fresado genere menores trabas legales.

Otra cuestión distinta son las consideraciones técnicas, en las que también hay un evidente campo de mejora. La primera de ellas tiene que ver con algo aparentemente baladí como es la distinción entre reutilizar y reciclar. La jerarquía para el manejo de los residuos establece un claro ranking: prevención, reutilización, reciclado, valorización y eliminación.

Desde un punto de vista metodológico, y a modo de ejemplo, un fresado de una capa de rodadura que se emplee en mezcla que vaya a ser utilizada como capa intermedia corresponde al concepto de reciclado. Para poder hablar de reutilización de forma estricta, un material procedente de una capa de firme sometido a una exigencia de tráfico determinada puede considerarse que ha sido reutilizado si se emplea en la construcción o mantenimiento de una capa de firme de igual funcionalidad.

Incluso dentro de la categoría de reciclado podemos distinguir diversos grados de aprovechamiento del residuo. De esta manera, el uso para fabricar una nueva mezcla bituminosa supone un grado de aprovechamiento muy superior al que se obtiene con la práctica, desgraciadamente todavía muy extendida, del uso del fresado como material granular.

Para conseguir avanzar en este campo, la base fundamental es la clasificación selectiva de los materiales procedentes de la demolición de los firmes. Disponemos de normativa europea (UNE EN 13108-8) que nos ayuda en este campo, definiendo y especificando varios conceptos a los que nos vamos a referir.

Todos estamos familiarizados con el término RAP (materiales procedentes de pavimentos que contienen betún y áridos). Siempre supone una incomodidad cambiar los nombres cuando llevamos décadas acostumbrados, pero a veces es necesario abandonar la zona de confort para ser más precisos en la definición de los términos.

Así, la norma UNE EN 13108-8 distingue "asfalto retirado" (site-won asphalt) de "asfalto recuperado" (reclaimed asphalt). Si nos fijamos en las definiciones de cada uno de ellos nos daremos cuenta de las importantes consecuencias prácticas que puede tener un adecuado uso terminológico. El término RAP adolece de precisión para definir qué tipo de material estamos tratando, por lo que limita desarrollar la reutilización y obtener mezclas bituminosas con prestaciones equivalentes a las obtenidas con materias primas vírgenes. Tan solo la orden circular 40/2017 "Reciclado de firmes y pavimentos bituminosos" distingue entre RAP y RAP tratado, pero de una forma genérica.

Podemos decir que la norma UNE EN 13108-8 es una herramienta infrautilizada porque dos de sus elementos prin-

El uso adecuado del "asfalto recuperado" en las mezclas bituminosas

cipales, como son la nomenclatura de los tamaños de partícula o el porcentaje de "materias extrañas", tan solo tienen uso en la orden circular 40/2017, mientras que las mezclas que utilizan hasta un 15% de asfalto recuperado, que son la mayoría, no imponen ningún tipo de limitación al respecto.

Para ver la importancia cuantitativa de la no clasificación adecuada del asfalto recuperado, recordemos que las fracciones más finas del RA tienen un porcentaje mucho mayor de ligante. Según una recopilación estadística publicada por la Universidad Politécnica de Cataluña en el Proyecto Fénix, la diferencia en contenido de betún de una fracción 0/8 respecto a la 0/25 es de un 2%, por lo que una formulación de mezcla bituminosa con un 15% de RA podría tener hasta un 0,3% de diferencia en el contenido de betún por el simple hecho de no definir adecuadamente la cantidad y fracción de asfalto recuperado.

Una última consideración debe ser dirigida al siempre polémico tema del grado de mezclado entre el betún procedente del asfalto recuperado y el nuevo ligante de aportación. Hay un claro consenso en la comunidad científica sobre que la única forma válida para diseñar las características del ligante de aportación es por medio de estudios reológicos. La publicación realizada por EAPA "Recommendations for the use of rejuvenators in hot and warm asphalt production" es un documento básico si se emplean cantidades relativamente elevadas de asfalto recuperado.

Pensando más en términos prácticos, las recomendaciones que Jacinto Luis García Santiago aporta en su artículo "¿Sabemos cuál es, realmente, el ligante que gobierna el comportamiento de una mezcla reciclada y en qué proporción lo hace?", que se publica en este número de la revista, pueden ser un buen punto de partida para optimizar el proceso de mezclado en las plantas asfálticas.

La mayor parte de las consideraciones anteriores están referidas al uso del RA como materia prima para fabricar mezclas bituminosas en caliente o semicalientes. Sin embargo, no debemos olvidar que España es el país líder en Europa en el uso de reciclado en frío in situ.

Aunque en las aplicaciones in situ no podemos hablar estrictamente de uso del RA, ya que no se separa ni clasifica de forma independiente el fresado, este tipo de técnica solventa muchos de los problemas aludidos: consideración de categoría de residuo, transporte, almacenamiento y tratamiento, aunque también abre paso a otras limitaciones tecnológicas referidas a la puesta en obra y las propiedades finales de las mezclas recicladas. Bajo las circunstancias adecuadas el reciclado in situ con emulsión puede ser una magnífica herramienta de optimización económica y medioambiental.

Tampoco nos debemos olvidar de las experiencias con RA para fabricar mezclas recicladas en planta con emulsión, muy especialmente mezclas templadas, de las que ya hay un número significativo de obras.

Si tuviésemos que hacer una lista de verificación para optimizar el uso de asfalto recuperado, éstos serían algunos de los elementos a tener en cuenta:

- Fresar selectivamente los pavimentos para poder clasificar el asfalto retirado de forma más eficiente.
- Caracterizar el asfalto recuperado, aplicando la nomenclatura y los métodos de ensayo indicados en la norma UNE EN 13108-8.
- Utilizar asfalto recuperado dividido en fracciones (al menos dos) para mejorar el control final del contenido de ligante y el proceso de mezclado.
- Las fórmulas de trabajo de las mezclas deberían utilizar, para describir las fracciones de asfalto recuperado, la nomenclatura de la norma UNE EN 13108-8.
- Cuidar el proceso de selección del ligante de aportación para que el ligante final resultante tenga las propiedades adecuadas. Si es factible, utilizar el análisis reológico.
- Optimizar el proceso de mezclado del ligante del asfalto recuperado con el nuevo ligante y/o rejuvene-
- Utilizar métodos de ensayo que permitan verificar que la mezcla final tiene la tenacidad adecuada para evitar problemas de excesiva rigidización de la mezcla.

Como conclusión, el sector de las mezclas asfálticas puede estar orgulloso de ser uno de los sectores líderes en la aplicación de los conceptos de economía circular pero aún hay un margen de mejora que puede reflejarse en una mayor durabilidad de las mezclas que contienen asfalto recuperado y en un mayor grado de aprovechamiento de los residuos de demolición de los pavimentos con lo que se consigue una mejor alineación con los objetivos que marca una bien entendida economía circular.

Realización del XX Congeso Ibero Latinoamericano del Asfalto en México



Jorge Cárdenas Director General del XXCILA



@JECardenasG

Del 25 al 29 de noviembre de 2019, llevamos a cabo el XX Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto - XXCILAen las magníficas instalaciones del Conjunto Santander de Artes Escénicas de la Universidad de Guadalajara en el estado de Jalisco, MÉXICO.

Los CILA's se realizan cada dos años en los diferentes países de América y la Península Ibérica.

En esta ocasión, fue México el responsable de realizarlo a través de la Asociación Mexicana del Asfalto - AMAAC - el **XXCILA**

Tuvimos una participación de 966 asistentes de 27 países de América y Europa, quienes presentaron 224 trabajos, y fueron seleccionados 158 para ser expuestos en pláticas durante la duración del evento. Los temas que se abordaron fueron:

- 1. Materiales asfálticos
- 2. Materiales pétreos
- 3. Mezclas asfálticas en caliente
- 4. Mezclas asfálticas a baja temperatura
- 5. Proyecto estructural de pavimentos
- 6. Construcción y conservación de pavimentos
- 7. Ecoeficiencia en la pavimentación
- 8. Gestión de activos

De estos temas destacan los siguientes, los artículos sobre diseño y evaluación de propiedades mecánicas de mezclas asfálticas, mezclas con material reciclado, tratamientos superficiales, y bases tratadas.

Tuvimos la presentación de seis ponencias magistrales, que abordaron temas de interés que aquí resumimos:



Paul Garnica

Coordinador Técnico del XXCILA



@pgarnica

México - El Ing. Cedric IvÁn Escalante Sauri, presentó su ponencia magistral sobre la infraestructura del transporte en México, donde se destaca los proyectos prioritarios a llevarse a cabo en el país, así como las estrategias para el fortalecimiento del desarrollo regional.

El Dr. Nam Tran del NCAT presentó sobre el impacto de una estructura monolítica en la durabilidad de los pavimen-

Continuando el Dr. Horacio Delgado del IMT con la influencia de la estructura granulométrica en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica.

La Dra. Laura Motta de Brasil trató el tema sobre un modelo empírico-mecanicista de dimensionamiento brasileño (MeDiNa).

El Dr. Leif Gronskov, de Dinamarca, trató el tema de mediciones de las condiciones estructurales del pavimento a 50 mph utilizando el Traffic Speed Deflectometer; y finalmen-

La Dra. Anja Sörensen de Alemania, nos habló sobre los retos actuales y futuros en la industria del asfalto, así como una perspectiva europea.

El evento fue transmitido en vivo vía streaming HD teniendo alrededor de 1,490 visualizaciones, con 650 horas vistas totales, de 24 países, donde destacamos los países no miembros del CILA (Bélgica, Bielorusia, Canadá, Reino Unido, Rusia y Suiza).

La marca XXCILA alcanzó un valor estimado de más de 34 mil dólares durante la trasmisión del evento, con base en su audiencia de impacto.

El impacto en redes sociales fue de más de 23 mil impactos y más de 760 mil usuarios

Realización del XX Congeso Ibero Latinoamericano del Asfalto en México

Hubo 4,655 tuits deSde 510 usuarios

Enmarcando este evento técnico se tuvo una ExpoAsfalto 2019 que tuvo 80 stands ofreciendo productos y servicios relacionados con toda la cadena productiva del asfalto.

Como complemento socio cultural, se visitó el pueblo mágico de Tequila, donde alrededor de mil personas conocieron una planta procesadora de tequila.

Se les brindó un espectáculo cultural con el ballet folclórico de Amalia Hernández, el cual es un símbolo nacional de México.

Podemos concluir que el evento abordó temas de gran interés para ingenieros dedicados a las vías terrestres en toda américa latina y la Península Ibérica. En donde se destaca la gran participación e interés de todos los asistentes en cada una de las tres modalidades de presentación que incluyo el evento.

















Implementación de un modelo climático a un sistema probabilístico de diseño de pavimentación flexibles empíricomecanicista

José Omar Melchor. jose.melchor@lasfalto.com.mx Carlos Chávez. cachavez@umich.mx Luis Alberto Morales. lamorales@conacyt.mx

Jorge Alarcón, jorge.alarcon.ibarra@hotmail.com Ignacio Cremades, cremades@surfax.com.mx

En México es necesario mejorar la calidad y el diseño de los pavimentos flexibles, debido a los constantes casos de baja calidad que se han presentado en las últimas décadas. Uno de los principales problemas es como incorporar modelos climáticos de temperatura y de contenido de agua considerando la caracterización de condiciones in-situ a partir de un conjunto de datos imprecisos. En este artículo, se presenta la implementación de modelos climáticos que permiten analizar el desempeño de una estructura de pavimento flexible ante las solicitaciones del tránsito, propiedades de los materiales y el efecto del medio ambiente. Se generó un ajuste de funciones de distribución de probabilidad para las condiciones in-situ, permitiendo la observación de distintos comportamientos presentes durante la vida útil del pavimento. Para el análisis de esfuerzos y deformaciones de cada capa se empleó el método de Odemark. La vida útil del pavimento, afectada por deformaciones permanentes y agrietamiento por fatiga de la carpeta asfáltica, fue determinada utilizando las funciones de transferencia de desempeño deducidas del método de diseño de pavimentos del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y funciones de transferencia generales como las utilizadas por el TRRL del Reino Unido para 85% de confiabilidad. El incremento del daño producido en la estructura del pavimento en cada iteración de carga es acumulado a través de la ley de Miner. Posteriormente, se escala a un valor crítico de uno para estimar la vida útil del pavimento. Para mostrar la viabilidad de estos modelos se desarrolló un programa computacional basado en el enfoque empírico-mecanicista para el diseño de pavimentos asfálticos empleando una simulación basada en el método de Monte Carlo. Con ello, se obtuvo una herramienta que contribuye a disminuir el grado de incertidumbre generada en el diseño de pavimentos flexibles.

Palabras Clave: Pavimentos Flexibles, Análisis Probabilístico y Modelo Climático.

In Mexico, it is necessary to improve the quality and design of flexible pavements due to constant cases of low quality that have been presented in recent decades. One of the main problems is how to incorporate a climatic model of temperature and a content water model by considering an in-situ conditions characterization from an imprecise data set. In this research, implementation of climatic models is presented, by allowing to analyze the performance of a flexible pavement structure through transit requirements, material properties and the effect of the environment. An adjustment of probability distribution functions was generated to in-situ conditions, allowing to observe several behaviors across the useful life of the pavement. The Odemark method was used to carry out the stresses and deformations analysis for each layer. Pavement life, affected by structural rutting and fatigue cracking, was determined

Implementación de un modelo climático a un sistema probabilístico de diseño de pavimentación flexibles empírico-mecanicista

by transfer functions equations deduced from the design method proposed by "Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México" (UNAM, México), and the general transfer functions, proposed and used by the TRRL of the United Kingdom with a 85% of reliability. The incremental damage, produced in the pavement structure for each load of the iteration, is accumulated through the Miner's law. Then, it is scaled to a critical value of one to estimate the useful life of the pavement. In order to show the viability of these models, a computational program based on the empirical-mechanistic approach to design asphalt pavements was developed, by using a simulation based on the Monte Carlo method. We developed a tool that contributes to decrease the uncertainty degree generated in the design of flexible pavements.

Keywords: Flexible Pavements, Probablistic Analysis and Climatic Models.

1. Introducción

El crecimiento en el país trae consigo un aumento en el comercio, el cual a su vez incrementa el transporte terrestre, es decir un incremento en el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA).

Uno de los retos que presenta el aumento en el tránsito es garantizar la calidad de la infraestructura vial, lo que conlleva a que el estudio de los pavimentos flexibles sea una necesidad para la infraestructura de los países que buscan un equilibrio entre el costo de inversión y la durabilidad. De acuerdo con esto, se requiere de una caracterización adecuada de las condiciones in-situ tales como el tránsito, propiedades de los materiales y el medio ambiente, así como la implementación de modelos climáticos que permitan determinar el efecto que los fenómenos meteorológicos producen en los materiales que componen las distintas capas de la estructura del pavimento; ya que dichos parámetros son fundamentales para concebir estructuras de pavimentos que ofrezcan altos desempeños en términos de durabilidad.

Con el avance tecnológico el país ha tenido acceso a las diferentes metodologías de diseño siendo las metodologías empírico-mecanicistas las más utilizadas. Este tipo de metodologías a diferencia de las empíricas, toman en cuenta como los estados de esfuerzos y deformaciones presentes en las interfases de las capas que componen la estructura del pavimento, influyen directamente en el comportamiento de este. Una de las principales desventajas de estas metodologías es que en la mayoría de los casos los programas computacionales disponibles no toman en cuenta el efecto del medio ambiente sobre las propiedades mecánicas de los materiales [4, 5, 7, 19 & 20]. Además, no toman en cuenta el efecto que puede tener la acumulación de la deformación en las capas de base y subbase no tratadas [14].

Los diseños basados en dichas metodologías empírico-mecanicistas [1, 4, 5, 7, 8, 11, 13, 17 & 18] presentan problemas para la obtención de información confiable de las condiciones in-situ, tanto para proyectos nuevos como para estructuras en servicio. Esto se debe a que los datos presentan imprecisiones que no son ajustadas debido a errores durante su captura o en las pruebas de laboratorio; en otras ocasiones existen datos faltantes, lo que hace que los parámetros de entrada utilizados para calibrar adecuadamente los modelos de diseño presenten errores. Esto ocasiona que los diseños operen con datos imprecisos y presenten errores al calcular la vida útil para el diseño del pavimento flexible. Es importante resaltar que los datos no están uniformemente distribuidos, por lo que se requiere un análisis estadístico y probabilístico para su ajuste. Es decir, se requiere de una selección y aplicación de técnicas que permitan un pretratamiento estadístico para organizar y ordenar la información, identificando los datos atípicos para su eliminación o en su caso la reconstrucción de series de datos para datos faltantes. Aunado a esto, los métodos de diseño desarrollados en México hasta el momento no cuentan con una herramienta computacional que permita el diseño basado en métodos probabilísticos que incluyan el análisis de las condiciones medioambientales como son la temperatura y el contenido de agua.

Por lo tanto, en este artículo se requirió de la incorporación de métodos probabilísticos y modelos climáticos a las metodologías empírico-mecanicistas [19 & 20]. Además, se describe la inclusión de modelos climáticos en una herramienta computacional de simulación basada en el método de Monte Carlo, que facilita al proyectista el diseño de pavimentos flexibles. El Sistema Probabilístico de Diseño de Pavimentos (SIP-PAV), permite identificar y analizar la variabilidad de los parámetros de

entrada, realizando un preprocesamiento estadístico y eliminando datos atípicos presentes en las variables analizadas. Además, permite realizar un proceso analítico basado en la identificación, cuantificación y acumulación de daño del pavimento bajo sus diferentes condiciones in-situ; lo que genera una mayor confiabilidad de los diseños de pavimentos flexibles.

2. Antecedentes

Los métodos de diseño de pavimentos empírico-mecanicistas se pueden adoptar como un marco de referencia general. La parte analítica del método proporciona la respuesta estructural del pavimento ante la aplicación de carga, mientras que la parte empírica relaciona dicha respuesta con el desempeño del pavimento. Actualmente, existen dos tipos de modelos de predicción del desempeño: probabilístico y determinístico. En los métodos determinísticos, cada factor de diseño tiene un valor fijo que se basa en el factor de seguridad (FS) y que es propuesto por el diseñador. De acuerdo con esto, el diseñador asigna un valor de FS más elevado para los factores de diseño menos seguros o que tengan un mayor efecto al final del diseño. El empleo de estos métodos tradicionales basados en factores de seguridad, da como resultado diseños inadecuados, en términos de durabilidad [8]. En el enfoque probabilista, al FS se le asigna una media y una desviación estándar. En estos métodos, el FS asignado a cada variable de entrada y la sensibilidad del método son tomados con cuidado y con ello su confiabilidad puede ser evaluada. Hay que tomar en cuenta que la confiabilidad está definida como la probabilidad de que el pavimento desempeñe su función prevista durante la vida útil proyectada [8].

2.1 Métodos determinísticos

Existe un número de métodos determinísticos para el diseño de pavimentos flexibles, los cuales no consideran enfoques estocásticos o estadísticos, y por lo general este tipo de métodos son de aplicación rápida y sencilla [1, 4, 11, 13, 18 & 21]. Este tipo de métodos presentan varias limitaciones. Por una parte, uno de los principales inconvenientes es la caracterización del tránsito en términos de ejes sencillos equivalentes de 8.2 toneladas y no en términos de espectros de carga. Esto conlleva a no poder analizar de manera adecuada las cargas que transitan sobre la estructura del pavimento, y determinar

adecuadamente los daños que estas producen a dichas estructuras. Por otra parte, no analizan el efecto que las condiciones climáticas producen sobre las propiedades de los materiales ya que no emplean modelos climáticos. Otra limitante que aparece en este tipo de métodos es que no todos realizan un análisis de esfuerzos y deformaciones, sino que proponen coeficientes de resistencia estructural para obtener los espesores equivalentes como el método de la UNAM [5]. Dichos métodos están basados en condiciones in-situ como: las propiedades de los materiales, tránsito vehicular o el clima, pero no toman en cuenta la interacción entre ellas. Estos métodos pueden considerar una o varias condiciones para el diseño de pavimentos flexibles, denominándose estos últimos como híbridos.

2.2 Métodos probabilísticos

Los modelos de comportamiento son modelos empíricos que se calibran con base en la información recabada en campo y que permiten predecir la condición de deterioro de los pavimentos evaluando el desempeño del mismo ante condiciones reales de: clima, desempeño de los materiales y tránsito vehicular. Por lo general, cuando se evalúa el desempeño del pavimento mediante un modelo de deterioro, el resultado corresponde a un valor determinista. En este contexto, la manera adecuada de evaluar el desempeño de una estructura de pavimento es en términos de probabilidad de éxito. Esta queda definida como la probabilidad de que el número de repeticiones de carga realmente aplicadas sobre el pavimento, no excedan el número de repeticiones de carga que puede soportar un pavimento hasta alcanzar un nivel de serviciabilidad especifica-

En este tipo de métodos, el tránsito vehicular se caracteriza en términos de espectros de carga, tal como lo especifican Timm y Newcomb [19], en los análisis elásticos lineales empleando Waterways Experiment Station Layered Elastic Analysis (WESLEA). En el programa mencionado, la variabilidad de las propiedades de los materiales y de los espesores de las capas empleados pueden seleccionarse por el diseñador, con funciones de probabilidad tipo normal y log-normal; usando el método de simulación Monte Carlo. En la parte climática únicamente consideran el efecto que puede producir la temperatura sobre el desempeño estructural del pavimento. A pesar de analizar de manera probabilística el comportamiento estructural del pavimento, este tipo de métodos tienen el inconveniente de que

Implementación de un modelo climático a un sistema probabilístico de diseño de pavimentación flexibles empírico-mecanicista

no implementan completamente la metodología empírico-mecanicista; pues aún no consideran modelos climáticos para el diseño de pavimentos como en otras metodologías [7, 14 & 19].

2.3 Efecto climático en los pavimentos

Un pavimento diseñado y construido adecuadamente será capaz de resistir las variaciones estacionales del clima. Factores como los cambios de temperatura, fuertes lluvias, drenajes deficientes y poco mantenimiento, provocan deterioros acelerados en la estructura del pavimento. De acuerdo con Villacorta et al. [9], para evitar la falla prematura de la estructura del pavimento, se deben considerar en el diseño todos los factores que afectan la variación de la temperatura del pavimento y el contenido de agua de las capas granulares. Para determinar dicha variación es necesario emplear modelos climáticos, los cuales, a partir de los datos ya procesados, de las propiedades de los materiales y el clima; ayudan a determinar los efectos que el medio ambiente produce sobre las propiedades de los materiales empleados y con ello estimar la variación a lo largo del año de dichas propiedades. Los modelos climáticos son sistemas de ecuaciones que intentan reproducir el comportamiento del mundo real, estos predicen la evolución del sistema que se estudia durante el tiempo.

Los fenómenos meteorológicos y el tránsito son los factores externos más influyentes en el desempeño estructural de un pavimento, y son los causantes del progresivo deterioro a lo largo de su vida útil [9].

3. Solución propuesta

En este artículo se propone mejorar la infraestructura vial del país, mediante el desarrollo y/o actualización de metodologías que ayuden a diseñar nuevos pavimentos flexibles. En la Figura 1 se muestra el esquema del modelo del SIP-PAV. Este es un modelo de simulación estocástico, debido a que el estado subsecuente del sistema se determina por acciones predecibles del proceso, como son los elementos aleatorios involucrados en la metodología descrita más adelante.

En la Figura 1 se puede apreciar la representación gráfica del modelo del sistema, cuyo proceso toma en cuenta los siguientes elementos:

- 1) El modelo analiza mediante la generación de i-iteraciones las diferentes propiedades y condiciones para un tramo de estructura de pavimento flexible:
- a) Para cada iteración se generan de manera aleatoria condiciones de contenido de agua, temperatura y propiedades de los materiales para un instante de tiempo (t).

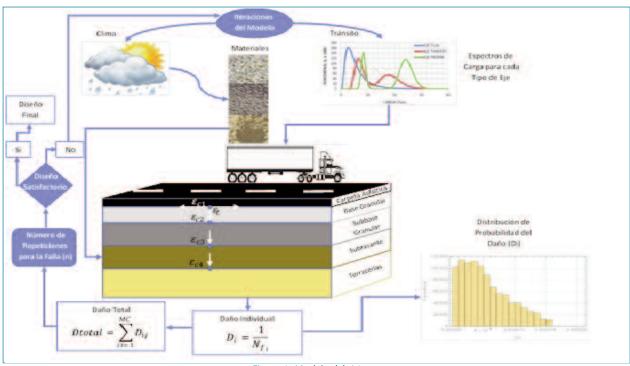


Figura 1. Modelo del sistema

i) Sobre la estructura del pavimento considerada se analiza el paso de j configuraciones de ejes correspondientes a los diferentes tipos de vehículos que circulan sobre dicho tramo, en donde se calcula:

- (1) El daño individual (D_i) que produce cada uno de los ejes, al transitar aleatoriamente sobre el tramo de pavimento considerado.
- (2) Al finalizar el paso de los vehículos
- (a) Se genera la distribución de probabilidad a partir de la acumulación del daño individual.
- (b) Se determina la sumatoria ($\sum_{ij=1}^{MC} D_{ij}$) del daño individual producido por cada tipo de eje (e.g. sencillo, tándem y tridem) que ha circulado sobre la estructura analizada.
- b) Al finalizar las iteraciones se determina el daño acumulado global (D_{total}) al evaluar las distintas configuraciones de los ejes (daño acumulado total individual sobre el tramo) y las distintas condiciones de contenido de agua, temperatura y propiedades de los materiales que han sido generadas.
- 2) Finalmente se determina el número de repeticiones de carga (n) para presentar fallas por deformación permanente o por fatiga de la carpeta asfáltica, producidas por el paso de los diferentes tipos de ejes correspondientes a los vehículos que transitan sobre la estructura del pavimento, escalando el daño total (D_{total}) a un valor crítico $\left(n = \frac{1.0 * Iteraciones}{D_{total}}\right)$ de 1

3.1 Aplicación de modelos climáticos

En esta sección se describen los modelos climáticos usados para la influencia de la temperatura y el contenido de agua en las propiedades de las capas del pavimento.

3.1.1 Modelo climático para temperatura

La carpeta asfáltica es una mezcla elaborada con agregado pétreo y un material asfáltico, sus propiedades mecánicas están en función de las propiedades de cada componente de la mezcla. El desempeño del módulo dinámico (MD) está en función de la temperatura, razón de carga, edad del pavimento, características de la mezcla como contenido de asfalto, su viscosidad, granulometría y vacíos. Witczak desarrolló un método, el cual toma en cuenta la composición de la mezcla asfáltica y que vamos a utilizar para determinar el módulo dinámico [6]. La ecuación de Witczak se muestra a continuación:

En dónde E = Módulo Dinámico de la Mezcla Asfáltica, n = Viscosidad del Asfalto, f = Frecuencia de Aplicación de Carga, Va = Porcentaje en Volumen de Aire, V_{bff} = Porcentaje en Volumen Efectivo de Asfalto, P₃₄ = Porcentaje Retenido en la Malla ¾, P₃₈ = Porcentaje Retenido en la Malla 3/8, P₄ = Porcentaje Retenido en la Malla N.4, P₂₀₀ = Porcentaje Retenido en la Malla N. 200.

De una base de datos climáticos se obtienen los valores correspondientes para la temperatura. Para la temperatura máxima, se toma el promedio de los 7 días consecutivos más calurosos del año. Para la temperatura baja, se considera el valor mínimo registrado en la estación climática de acuerdo con lo que estipula Mohseni [12].

Para la estimación del tipo de asfalto por grado PG, se aplicó la ecuación (2) y la ecuación (3) tanto para alta como para baja temperatura, ambas para un nivel de confiabilidad de 98%. Para obtener parámetros necesarios para la aplicación de dicha ecuación, se tomó el producto final del trabajo de investigación de Rubio [16].

$$T_{(pav)} = 54.32 + 0.78T_{(air)} - 0.0025Lat^2 - 15.14log_{10}(H+25) + z(9+0.61s_{air}^2)^{1/2}$$

En dónde; $T_{(pav)}$ = La Temperatura del pavimento bajo la superficie, °C, Tair = La alta Temperatura del Aire, °C, Lat = La Latitud donde se tomó la Temperatura, H= Profundidad desde la Superficie, mm, Sair² = Desviación Estándar del Promedio de los 7 días con Temperaturas altas, °C, z= De la Tabla 1, z = 2.055 para un 98% de Confiabilidad.

$$log E = 3.750063 + 0.029932P_{200} - 0.001767P_{200}^{2}$$

$$- 0.002841P_{4} - 0.058097V_{a} - 0.802208 \left(\frac{V_{bff}}{V_{bff} + V_{a}}\right)$$

$$+ \frac{3.871977 - 0.0021P_{4} + 0.003958P_{38} - 0.000017P_{38}^{2} + 0.005470P_{34}}{1 + e^{(-0.603313 - 0.31335log (f) - 0.393532log (\eta)}}$$
(1)

17

Implementación de un modelo climático a un sistema probabilístico de diseño de pavimentación flexibles empírico-mecanicista

$$T_{pav} = -1.56 + 0.72 T_{(air)} - 0.004 Lat^2 + 6.26 Log_{10}(H+25) - z(4.4+0.52 s_{air}^2)^{1/2}$$

En dónde; T_(pav) = La menor Temperatura del pavimento bajo la superficie, °C, Tair = La Temperatura menor del Aire, °C, Lat=La Latitud donde se tomó la Temperatura, H= Profundidad desde la Superficie, mm, Sair² = Desviación Estándar del Promedio de los 7 días con Temperaturas altas, °C, z= De la Tabla 1, z = 2.055 para un 98% de Confiabilidad.

3.1.2 Modelo climático para contenido de agua del

La mejor manera de caracterizar los materiales que constituyen las capas de suelos es en términos de módulo resiliente (M_R). El contenido de agua puede afectar de manera significativa el desempeño estructural de una capa de suelo; cuanto mayor sea el contenido de agua, el M_R será menor. Sin embargo, el contenido de agua puede afectar de dos maneras diferentes a las capas de la estructura del pavimento:

- Puede afectar el estado de esfuerzos, a través de la succión o la presión de poro.
- Puede afectar la estructura del suelo, a través de la destrucción de la cementación entres sus partículas.

El valor del M_R en laboratorio se determina en condiciones óptimas, por esta razón el valor óptimo será el que se tome como referencia. De acuerdo con lo anterior y con base en MEPDG [2], se considera que: las capas de suelo se compactan con grado de saturación óptimo (Sopt), que el grado de saturación (S) cambia (incrementa o decrece) a un valor de grado de saturación de equilibrio (Sequil) con el tiempo. Para cualquiera de estos casos, S_{equil} se podrá determinar utilizando el nivel de aguas freáticas (NAF) y la curva característica de la capa del suelo respectiva.

Las condiciones de contenido óptimo de agua en subrasantes de carreteras con pavimentos impermeables se analizarán considerado tres condiciones climatológicas y geotécnicas representativas del laboratorio de transporte de Inglaterra [3]:

Categoría (1). Subrasantes con nivel freático suficientemente cercano a la superficie del terreno para así controlar su contenido de agua. Además de las zonas donde el nivel freático se mantiene debido al régimen climático, esta categoría incluye fajas costeras y llanuras de inundación, en las que el nivel lo regulan el mar, lagos o ríos.

Categoría (2). Subrasantes con nivel freático profundo y

donde la lluvia es suficiente para producir cambios estacionales significativos bajo el camino. La precipitación pluvial en esas áreas generalmente rebasa los 250mm por año, con distribución estacional.

Categoría (3). Subrasantes en zonas sin nivel freático permanente cerca de la superficie del terreno y clima árido a lo largo del año. En estas zonas la precipitación anual es de 250mm o menos.

El modelo climático para la categoría 1 consiste en realizar una corrección del módulo resiliente de las capas de suelo que conforman la estructura del pavimento. Esta corrección está en función del grado de saturación que se presente en cada capa de suelo, para lo cual se empleará la siguiente ecuación [2]:

$$log \frac{M_R}{M_{Ropt}} = a + \frac{b - a}{1 + EXP\left(ln \frac{-b}{a} + k_m(Sr - Sr_{opt})\right)}$$
(4)

En donde; M_R/M_{Ropt} = Relación del módulo resiliente; M_R = Módulo resiliente en cierto tiempo, M_{Ropt} = Módulo resiliente en una condición de referencia, a = Valor mínimo de log $M_R/M_{Ropt}\,$, b=Valor máximo de log $M_R/M_{Ropt}\,$, $k_m=Pará$ metro de regresión, (Sr-Sr_{opt}) = Variación en el grado de saturación expresado en decimal.

En la Figura 3 se muestra un diagrama de flujo del proceso para la corrección del M_R. Se parte del análisis de las curvas de compactación del material correspondiente a cada capa de la estructura del pavimento flexible, de las cuales obtenemos el valor de la densidad seca máxima ($\gamma_{d \text{ max}}$) y el contenido gravimétrico de agua óptimo (woot). Posteriormente se determinará el valor de la succión (h) a partir del modelo descrito por Huang [8], basado en el equilibrio hidrostático del agua. Por otro lado, con la curva característica correspondiente a cada material se determina el grado de saturación (S_r). Una vez determinado el valor del grado de saturación (Sr), este se introduce en la ecuación (4) mediante la cual se determinará el valor real del M_R a utilizar en el análisis estocástico.

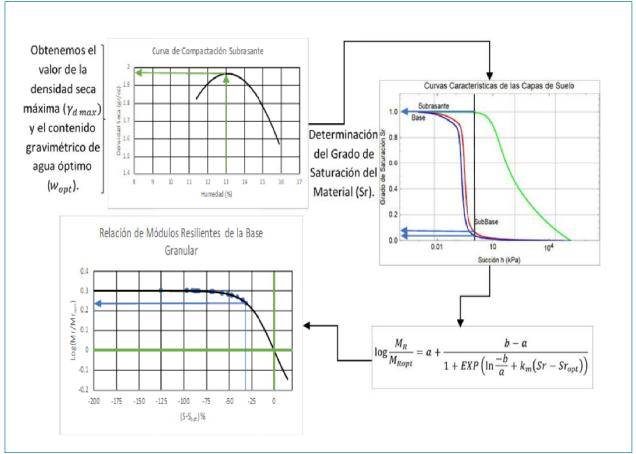


Figura 3. Proceso para estimar el valor del módulo resiliente

4. Caso de estudio y análisis de resultados

Para llevar a cabo el estudio correspondiente en este artículo, se solicitaron datos reales del control de calidad de la construcción de un pavimento flexible. Estos datos que se obtuvieron fueron derivados de conocer el grado de compactación de las distintas capas que conforman la estructura del pavimento. La selección de las muestras se debe realizar empleando una tabla de números aleatorios compuesta, de acuerdo con lo especificado en la Norma M-CAL-1-02-01 [10].

En la cuestión del clima, los parámetros considerados son el contenido de agua en las capas de suelos y la temperatura del aire. Para el caso de la temperatura, los registros se encuentran en estaciones climatológicas establecidas en puntos específicos sobre el territorio nacional. Por tal motivo, de una base de datos climáticos se obtienen los valores correspondientes a la temperatura, posteriormente se utilizó el trabajo elaborado por Rubio el cual permitió generar la información necesaria para emplear el modelo climático de temperatura descrito en este artículo.

El MR depende del tipo de suelo y contenido de agua y para estimarlo es necesario conocer ciertas características climatológicas, geotécnicas de estructuración y diseño de la carretera. Por cuestiones prácticas la condición evaluada en este artículo para contenido de agua en subrasantes de carreteras con pavimentos impermeables, se analizará considerando únicamente la condición de la categoría 1 descrita en el apartado3.1.2 de este artículo. Los contenidos de agua empleados se muestran en la Tabla 1.

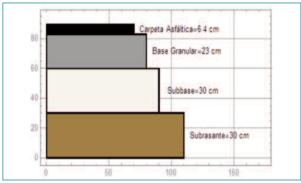


Figura 4. Estructura de pavimento flexible del tramo analizado

Implementación de un modelo climático a un sistema probabilístico de diseño de pavimentación flexibles empírico-mecanicista

En la Figura 4 se presenta una estructura de pavimento flexible de cuatro capas compuesta de una mezcla asfáltica en caliente (HMA), que se apoya sobre una base granular, una capa de subbase y por último una subrasante. La Tabla 1 muestra las propiedades mecánicas de los materiales. Las propiedades del material se eligieron para ser representativas y consistentes con los estudios previos en la zona.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de los materiales de las capas de

Capa	Espesor (cm)	Contenido de Agua (%)	CBR (%)	Desviación Estándar
Terraplén	Variable	14.68	5	0.2
Subrasante	30	12.55	20	0.2
Subbase	30	12.55	60	0.2
Base	23	10.88	100	0.2

A partir de estaciones de pesaje móviles (WIM), se obtuvieron los datos correspondientes a los espectros de carga para cada tipo de eje (sencillo, tándem y tridem) que se muestran en la Figura 5.

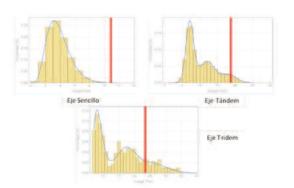


Figura 5. Espectros de carga

El módulo dinámico de la carpeta asfáltica se obtuvo mediante el método de Witczak (ver ecuación 1), a partir de los datos de los agregados pétreos y del cemento asfáltico de la carpeta. De las variaciones de los grados de compactación del control de calidad de las capas de suelos, se derivaron distribuciones de probabilidad de tipo normal para cada una de las capas del pavimento.

El modelo de diseño presentado en este artículo se compone de varios sistemas de cálculo (espectros de carga, vida útil del pavimento y esfuerzos y deformaciones). Este modelo de simulación considera los siguientes aspectos fundamentales:

- 1. Se implementa el uso de espectros de carga, como una manera adecuada de caracterizar el tránsito vehicular. Además, se ajusta una función de distribución de probabilidad que describe su comportamiento.
- 2. Se utilizan valores de presiones de inflado de 5.8 kg/cm₂ y 7 kg/cm₂ para el cálculo de deformaciones de tensión y compresión. De acuerdo con las cargas que transitan sobre la vialidad.
- 3. Cuando se emplean las funciones de transferencia de desempeño de la UNAM, el parámetro que define la resistencia de las capas de suelos es el CBR y cuando se emplean las funciones del TRRL, el parámetro usado es el M_R. Mientras que el módulo dinámico es el parámetro que define la resistencia de la carpeta asfáltica.
- 4. Se implementa el modelo de simulación de Monte Carlo para analizar la variabilidad de las condiciones in-situ.
- 5. Permite analizar el comportamiento de la estructura del pavimento ante cada tipo de eje, mediante espectros de daño y de vida útil de manera individual.

Los modelos de deterioro que se utilizaron fueron los siguientes:

Modelo de deterioro por fatiga de la carpeta asfáltica del método de la UNAM:

$$\log \varepsilon = 3.78 - 0.088U - 0.21 \log N_f$$
 (5)

En donde: E = deformación de tensión horizontal en la parte inferior de la carpeta asfáltica; N_f = número de ciclos hasta llegar a la falla por fatiga; U = abscisa de la distribución normal estándar para un nivel de confianza Qu del 85%.

Mientras que para deformaciones permanentes del método de la UNAM:

$$log\Sigma L = \frac{1}{0.1761} \left(logVRS_z - logVRS_0 - logF_z \right)$$

En dónde: ΣL = número de ciclos hasta llegar a la falla por deformación permanente; (VRS) z= estimación del valor relativo de soporte crítico esperado en campo; (VRS) o = constante experimental igual a 10B; para bases B =0.8477+0.14U y

para subbases y terracerías B = 0.4547 +0.1593U; U = abscisa de la distribución normal estándar para un nivel de confianza Qu del 85%; F_z = coeficiente de influencia de Boussinesq.

Modelo de deterioro para fatiga de la carpeta asfáltica del TRRL del Reino Unido para un 85% de confiabilidad:

$$N_f = 1.66x10^{-10} \varepsilon_t^{-4.32}$$
 (7)

En donde: N_f = número de repeticiones predichas para llegar a la falla; ε_t = deformación de tensión horizontal en la parte inferior de la carpeta asfáltica.

Modelo de deterioro por deformación permanente del TRRL del Reino Unido para un 85% de confiabilidad:

$$N_d = 6.18x10^{-8} \varepsilon_c^{-3.95}$$
 (8)

En donde: N_d = número de repeticiones predichas para llegar a la falla; ε_c = deformación de compresión vertical en la parte superior de la subrasante.

Por otra parte, se desarrolló una herramienta computacional (SIP-PAV) donde se puede generar la geometría de la estructura del pavimento, introducir las propiedades de los materiales, la configuración de cada tipo de eje, cálculo de la vida útil del pavimento. Las características principales de esta herramienta son:

- a) Sistema para geometría y propiedades de los materiales. Permite especificar los espesores de cada una de las capas del pavimento. Además, permite proponer el módulo dinámico de la carpeta asfáltica y los CBRs (UNAM) o MR (TRRL) de las capas de suelos, así como también sus respectivas desviaciones estándar.
- b) Sistema para la configuración de los tipos de ejes. Este asistente tiene como función, especificar la cantidad de cada tipo de eje, las cargas para cada tipo de eje y la cantidad de ejes por carga.
- c) Sistema para el cálculo de la vida útil del pavimento. Tiene como función determinar la vida útil del pavimento en términos del número de repeticiones de cargas y el periodo de vida en años.

Con el propósito de realizar una comparación entre meto-

dologías de diseño de pavimentos flexibles, se planteó el uso de los programas: IMT-PAVE 3.0, PerRoad 4.3 y comparar los resultados con los obtenidos a través de la metodología desarrollada en este artículo. En la Tabla 2 se muestran los resultados del análisis comparativo. En ella se muestra la vida útil para los dos criterios de falla de la estructura del pavimento representada en años.

Tabla 2. Vida útil en años empelando modelos climáticos

Modelo	SIP-PAV (ecuaciones TRRL)	SIP-PAV (ecuaciones UNAM)	IMT-PAVE	PerRoad
Fatiga	1.02	0.15	< 1	0.28
Deformación Permanente	0.40	250	1.4	1.55

Posteriormente se analizó el caso de una alternativa de solución, orientado a incrementar el estándar funcional de la estructura de pavimento existente. El mejoramiento de la capacidad estructural del material existente en el camino puede lograrse generalmente mediante procesos de estabilización, por el aporte de capas de nuevo material, y en algunas ocasiones, por medio de la incorporación de elementos estructurales externos al mismo suelo. Para este caso particular se propone modificar los espesores de las capas (Figura 8), así mismo, se propone mejorar la resistencia de las mismas elevando los valores tanto del módulo dinámico como del módulo resiliente (Tabla 3); siempre y cuando cumplan con lo estipulado en la normativa SCT.

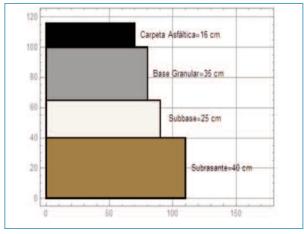


Figura 8. Alternativa de estructura de pavimento flexible

Como podemos apreciar en las Tablas 2 y 4, se presentan marcadas diferencias entre los resultados de las metodologías

Implementación de un modelo climático a un sistema probabilístico de diseño de pavimentación flexibles empírico-mecanicista

empleadas para la revisión de la estructura de pavimento, especialmente en los resultados referentes a la deformación permanente de la capa subrasante. Estas diferencias se presentan como consecuencia de que programas como el IMT-PAVE no incluyen modelos climáticos tanto para temperatura como para contenido de agua, así mismo no muestra las técnicas probabilísticas para modelar las propiedades de los materiales; en el caso del PerRoad no considera un modelo climático para contenido de agua en las capas de suelos.

Tabla 3. Módulos resilientes y dinámico para la alternativa de

Capa	Módulo (kg/cm ²)
Subrasante	2283.75
Subbase	2793.72
Base	3265.45
Carpeta Asfáltica	44000

Tabla 4. Vida útil en años para alternativa de solución

Modelo	SIP-PAV (ecuaciones TRRL)	SIP-PAV (ecuaciones UNAM)	IMT-PAVE	PerRoad
Fatiga	16.34	9.54	> 15	1.5
Deformación Permanente	23.94	503	> 15	45.2

5. Conclusiones

La aportación principal que se obtuvo de este artículo es la implementación de modelos climáticos a una metodología de diseño de pavimentos flexibles empírico-mecanicista basada en el método de simulación Monte Carlo, que considera una adecuada caracterización de las propiedades de los materiales, temperatura, contenido de agua y tránsito en términos de espectros de carga; entendiendo el efecto de cada variable en el diseño.

Entre las aportaciones derivadas de la metodología implementada es solventar algunos de los problemas que permanecen abiertos en el diseño de pavimentos flexibles, para países en vías de desarrollo (e.g. México), tales como:

- 1) Obtención confiable de la información de las condiciones climatológicas, propiedades de los materiales y el tránsito mediante una caracterización adecuada de dichas variables de entrada. Esto disminuye los errores de captura y/o en la obtención de las pruebas de laboratorio al caracterizar el comportamiento de los datos de entrada eliminando datos atípicos.
- 2) Reduce la inversión tiempo-costo en el procesamiento de la información, ya que realiza un análisis de la variabilidad de las condiciones in-situ a través de técnicas probabilísticas que determinan el comportamiento de las variables de entrada mediante funciones de distribución de probabilidad. Esto a su vez, permite disminuir el sesgo o incertidumbre en el diseño de pavimentos flexibles. 3) Mejora del desempeño de los pavimentos flexibles en términos de durabilidad, a través de un análisis estocástico basado en la metodología empírico-mecanicista para la determinación de la vida útil de un pavimento flexible.

6. Referencias

- [1] AASHTO. (1993). Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C.
- [2] AASHTO. (2004). Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures.
- [3] Au, R., & JL, S. (1993). A Guide to the Structural Design of Bitumen-Surfaced Roads in Tropical and Sub-Tropical Countries. Crowthorne, Berkshire, United Kingdom: Ci-
- [4] Coria, C., Chávez, C., Alarcón, J., & Arreygue, E. (2012). Elaboración de un Programa de Diseño de Pavimentos Flexibles.
- [5] Corro, S., Magallanes, R., & Prado, G. (1981). Instructivo para Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras. México, DF.: Series del Instituto de Ingenie-
- [6] Elizondo, F., Badilla, G., & Ulloa, Á. (2007). Predicción de Módulos Resilientes en Mezclas Asfálticas Mediante el Modelo de Witczak. Infraestructura Vial.
- [7] Granica Aguas, P., & Hernández Domínguez, R. (2013). Diseo Estructural de Pavimentos para Condiciones de Alto Tránsito Vehicular. Laboratorio de Infraestructura del Instituto Mexicano del Transporte.

- [8] Huang, Y. (2004). Pavement Analysis and Design. UNI-VERSITY OF KENTUCKY: PEARSON.
- [9] Leiva Villacorta, F., Camacho Garita, E., & Aguilar Moya, J. (2016). Similation of weather conditions on full scale acelerated pavement testing. Infraestructura Víal, 20-29.
- [10] M-CAL-1-02-01. (2001). Criterios Estadísticos de Muestreo.
- [11] Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. (2003). NORMA 6.1 IC SECCIONES DE FIRME, DE LA INS-TRUCCIÓN DE CARRETERAS.
- [12] Mohseni, A. (1998). LTPP Seasonal Asphalt Concrete (AC) Pavement Temperature Models". No. FHWA-RD-97-103.
- [13] Rico, A., Téllez, R., & Garnica, P. (1998). Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias. Sanfandila, Querétaro: Publicación Técnica No. 104.
- [14] Rodríguez, M., Thenoux, G., & Gonzáles, A. (2016). Probabilistic Assessment of Asphalt Pavement Design. Revista Ingeniería de Construcción. Recuperado el 10 de Diciembre de 2016
- [15] Rondón , H., & Reyes, F. (2007). Metodología de Diseño de Pavimentos Flexibles: Tendencias, Alcances y Limitaciones.
- [16] Rubio, S. (2018). Metodología para la Construcción de Mapas de Temperatura Basada en la Influencia Termo-Topográfca y el Grado de Desempeño Aplicada en la Selección de Cementos Asfálticos. Morelia.
- [17] SCOI. (2007). Catálogo de Firmes y Pavimentos de la Ciudad de Valencia.
- [18] SCT. (2013). Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana. México, DF.
- [19] Timm, D. H., & Newcomb, D. (2006). Perpetual pavement desing for flexible pavements in the US. International Journal of Pavement Engineering, 111-119.
- [20] Turochy, R. D., Timm, D. H., & Tisdale, S. M. (2005). TRUCK EQUIVALENCY FACTORS, LOAD SPECTRA MODELING AND EFFECTS ON PAVEMENT DESIGN. Montgomery, Alabama.
- [21] Urbaéz, E., & Erskine, J. (2011). Project Level Australian Methodology for Flexible Pavement Design. Sydney.



UNE-EN 12697-32:2007 Compactación en laboratorio de mezclas bituminosas mediante compactador vibratorio.

En esta sección se describen métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente.

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

1. Objeto y principio del ensayo

Método de ensayo de compactación de probetas de mezclas bituminosas para la obtención de la densidad de referen-

Se aplica a mezclas inconsistentes fabricadas en el laboratorio o en la planta y también con testigos extraídos de la obra, que tras realizar su acondicionamiento y calentamiento son colocadas en los moldes y compactadas con el martillo vibratorio.

2. Método operativo

Fabricación de probetas con testigos de obra. Tras calcular su densidad se coloca el testigo en el interior del molde y se introducen en estufa a temperatura de compactación duran-

te el tiempo necesario hasta alcanzar la citada temperatura que aparece definida en la norma UNE EN 12697-35 (mezclado en laboratorio).

Se extrae el molde más la mezcla y se coloca sobre una superficie rígida y nivelada. Con el pistón de 102 mm de diámetro colocado en el martillo vibrante en una posición vertical sobre la mezcla y aplicando una fuerza de 350±50 N (ver punto A.5.3 de la norma), se compacta cam-



biando la posición siguiendo la secuencia de la brújula: N, S, O, E, NO, SE, SO, NE, manteniéndolo en cada posición entre 2 y 10 segundos. El tiempo total de compactación para cada probeta por una de sus caras es de 2 minutos ± 5 segundos. Posteriormente se nivela la superficie utilizando el pistón de 146 mm. de diámetro, se invierte la probeta colocándolo sobre la placa de repuesto y se repite el procedimiento de compactación descrito anteriormente.

En el caso de las mezclas fabricadas en laboratorio o planta debe obtenerse la cantidad necesaria para cada probeta según la UNE EN 12697-27 (toma de muestra), siguiendo el mismo procedimiento de compactación de las probetas. Para este caso se determina únicamente la densidad de rechazo y en caso de necesitar la medida de la compactibilidad se deben cumplir los requisitos descritos en la norma UNE EN 12697-10 (compactibilidad).

El cálculo y expresión de resultados de la densidad de referencia y de la compactibilidad aparecen recogidos en cada una de las normas de ensayo: UNE EN 12697-9 (Determinación de la densidad de referencia) y UNE EN 12697-10 (Compactibilidad).

3. Equipamiento

Este procedimiento de compactación no precisa un equipamiento con elevado coste, pudiéndose emplear varios equipos localizados generalmente en los laboratorios de obra (pe. la báscula).

Los equipos necesarios para la ejecución del ensayo son los siguientes:

• Martillo vibratorio eléctrico con un consumo de potencia de 750W a 1000W y una frecuencia de 20 Hz a 50 Hz. El anejo A de la norma describe el procedimiento de verificación para la idoneidad del martillo vibratorio, rea-

UNE-EN 12697-32:2007 Compactación en laboratorio de mezclas bituminosas mediante compactador vibratorio

lizado compactando en 3 tongadas varias probetas con arena sílice de granulometría especificada y un porcentaje de humedad conocido, debiendo superar la densidad final en seco (ver cálculos en el anejo) un valor de 1740 kg/m3.

• Moldes con placas de asiento, al menos 1 de repuesto, con diámetro interior de 152,45±0,5 mm y altura de 170±0,5 mm.

- Pie apisonador de 102±2 mm de diámetro y de 146±2 mm de diámetro para acoplar al martillo vibratorio.
- Estufa de secado (25°C-45°C) y estufa de calentamiento con circulación de aire por venti-
- · Algunos equipos que suelen encontrarse en los laboratorios como es una balanza, baño de agua, calibre, cronómetro, termómetro y otros accesorios menores.

4. Puntos Críticos

Como consecuencia de la introducción de la nueva normativa de métodos de ensayo en nuestra actividad, entre los años 2008 y 2010 se realizaron en Aleas (Asociación de Laboratorios de Empresas de ASefma) varios trabajos para establecer la correlación con otros procedimientos de compactación existentes (UNE EN 12697-30 compactación con impacto y/o UNE EN 12697-31 compactación con giratoria). Los resultados no fueron satisfactorios ya que se obtuvieron valores de densidad muy superiores a los obtenidos con los otros procedimientos, y por ello fue retirado de la normativa como método alternativo de compactación de las probetas.

Es difícil poder asegurar que el ensayo se realiza correctamente debido a los cambios de posición durante el proceso (secuencia) y la aplicación de los tiempos parciales o totales establecidos en la norma de ensayo.

5. Comentarios

La norma UNE EN 12697-9 define como densidad de referencia "valor expresado como masa por unidad de volumen, que se utiliza como una referencia para la densidad de las probetas en la determinación del grado de compactación, de los resultados del ensayo de tipo, etc..." y densidad de rechazo "valor expresado como masa por unidad de volumen, de la probeta compactada con una energía de compactación muy alta o de rechazo". Esta norma ha sido anulada y no ha sido sustituida.

Los equipos empleados en este procedimiento son los utilizados en la realización de los ensayos de compactación de suelos y materiales granulares, martillo conocido como KAN-GO.

La norma de ensayo UNE-EN 12697-32 describe un procedimiento de compactación de probetas empleando un equipo vibratorio. Se utilizan equipos de laboratorio con bajo coste, que pueden ser transportados con cierta facilidad a obras y laboratorios móviles, posibilitando la fabricación de las probetas in situ y evitando recalentamientos del material. Tal y como se desarrolla el procedimiento de ensayo no se obtienen valores adecuados y por ello no se permite su utilización.

6. Especificaciones

Para este ensayo no aplica este apartado.

7. Bibliografía

- UNE-EN 12697-9. Determinación de la densidad de referencia. NORMA ANULADA.
- UNE-EN 12697-10. Compactibilidad.
- UNE-EN 12697-27. Toma de muestras.
- UNE-EN 12697-30. Compactación con impacto.
- UNE-EN 12697-31. Compactación con giratoria.
- UNE-EN 12697-32. Compactación martillo vibratorio.
- UNE-EN 12697- 35. Mezclado en laboratorio.

El procedimiento de compactación de probetas descrito en la norma UNE EN 12697-32 no es considerado en España un método adecuado para la fabricación de las probetas de mezclas bituminosas, existiendo otros métodos alternativos como es la compactación con impacto o compactación con giratoria.

Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

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

En esta entrega se recoge el listado de normas desde el 4 de noviembre de 2019 hasta el 18 de febrero

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- PNE-EN 13358 (Última publicación año 2010) Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las características de destilación de los betunes fluidificados y fluxados fabricados con fundentes de origen mineral
- PNE-prEN 13614 (Última publicación año 2011) Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de las emulsiones bituminosas por inmersión en agua.
- PNE-Fpr CEN/TS 17481 (Norma nueva) Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del contenido de sal en betunes. Método de conductividad eléctrica.
- PNE-Fpr CEN/TS 17482 (Norma nueva) Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del índice de acidez del betún. Método potenciométrico

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

NORMATIVA PUBLICADA

- UNE-EN 12697-3:2013+A1 (Publicada en enero de 2020) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 3: Recuperación de betún. Evaporador rotatorio
- UNE-EN 12697-5 (Publicada en enero de 2020) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima
- UNE-EN 12697-8 (Publicada en enero de 2020) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas
- UNE-EN 12697-31 (Publicada en enero de 2020) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 31: Preparación de probetas mediante compactación giratoria
- UNE-EN 12697-32 (Publicada en enero de 2020) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 32: Preparación de probetas mediante compactador vibratorio
- UNE-EN 12697-33 (Publicada en enero de 2020) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placas
- UNE-EN 13108-1 (Publicada en noviembre de 2019) Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso
- UNE-EN ISO 13473-1 (Publicada en enero de 2020) Caracterización de la textura de pavimentos mediante el uso de perfiles de superficie. Parte 1: Determinación de la profundidad media del perfil
- UNE 41265-1 (Publicada en enero de 2020) Firmes de carreteras. Ejecución y control. Parte 1: Control térmico de mezclas bituminosas

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

NORMATIVA EN PROYECTO

- PNE-EN 12274-1 (última publicación año 2002) Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Toma de muestras
- PNE-EN 12274-2 (última publicación año 2003) Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del contenido en ligante residual incluida la preparación de las muestras
- PNE-EN 12274-3 (última publicación año 2002) Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3: Consistencia
- PNE-EN 12274-4 (última publicación año 2003) Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la cohesión de la mezcla
- PNE-EN 12274-5 (última publicación año 2003) Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación del contenido mínimo de aglomerante y resistencia al desgaste
- PNE-EN 12274-6 (última publicación año 2002) Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Velocidad de aplica-
- PNE-prEN 12697-1 (última publicación año 2013) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante
- PNE-EN 12697-2/prA1 (última publicación año 2015) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas
- PNE-prEN 12697-6 (última publicación año 2012) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas
- PNE-prEN 12697-11 (última publicación año 2012) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 11: Determinación de la afinidad entre áridos y betún.
- PNE-prEN 12697-14 (última publicación año 2001) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 14: Contenido de agua
- PNE-prEN 12697-19 (última publicación año 2013) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 19: Permeabilidad de las probetas
- PNE-prEN 12697-20 (última publicación año 2013) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 20: Ensayo de indentación utilizando probetas cúbicas o Marshall
- PNE-prEN 12697-21 (última publicación año 2013) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 21: Ensayo de indentación utilizando probetas planas
- PNE-prEN 12697-22 (última publicación año 2008) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Ensayo de rodadu-
- PNE-prEN 12697-28 (última publicación año 2001) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 28: Preparación de muestras para la determinación del contenido de ligante, contenido de agua y granulometria
- PNE-prEN 12697-29 (última publicación año 2003) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 29: Determinación de las dimensiones de las probetas bituminosas
- PNE-prEN 12697-34 (última publicación año 2013) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 34: Ensayo Marshall
- PNE-prEN 12697-39 (última publicación año 2013) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 39: Contenido de ligante por ignición
- PNE-prEN 12697-40 (última publicación año 2013) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 40: Drenabilidad in situ
- PNE-prEN 12697-42 (última publicación año 2013) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 42: Cantidad de materia extraña en asfalto recuperado
- PNE-prEN 12697-45 (última publicación año 2013) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 45: Ensayo de rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)
- PNE-prEN 12697-46 (última publicación año 2013) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 46: Fisuración y propiedades a baja temperatura mediante ensayos de tracción uniaxial
- PNE-prEN 12697-48 (norma nueva) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 48: Adherencia entre capas
- PNE-prEN 12697-49 (norma nueva) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 49: Determinación del rozamiento tras
- PNE-FprCEN/TS 12697-50 (norma nueva) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 50: Resistencia al desgaste
- PNE-EN 12697-53 (norma nueva) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 53: Incremento de la cohesión por el método de la esparsión
- PNE-EN 12697-54 (norma nueva) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 54: Curado de las muestras para el ensayo de mezclas con emulsión de betún

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

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- PNE-EN 12697-55 (norma nueva) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 55: Evaluación organoléptica de la compatibilidad de los materiales constituyentes de una mezcla con emulsión de betún
- PNE-EN 12697-56 (norma nueva) Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 56: Preparación de muestras mediante compactación estática
- PNE-EN 13036-5 (norma nueva) Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de los índices de regularidad superficial longitudinal
- PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007) Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008) Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008) Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008) Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008) Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008) Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009) Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de
- PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009) Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- PNE-EN 13108-31 (norma nueva) Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 31: Hormigón asfáltico con emulsión bituminosa
- PNE-EN 13285 (última publicación año 2010) Mezclas de áridos sin ligante. Especificaciones
- PNE-EN 13880-7 (última publicación año 2004) Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 7: Ensayo de funcionamiento de productos de sellado
- PNE-EN 13880-8 (última publicación año 2004) Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 8: Método de ensayo para la determinación de la variación de la masa de los productos de sellado resistentes a los carburantes después de la inmersión
- PNE-EN 14187-5 (última publicación año 2004) Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la resistencia a la hidrólisis
- PNE-EN 14187-7 (última publicación año 2004) Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 7: Determinación de la resistencia a la llama
- PNE-EN 14187-9 (última publicación año 2007) Productos de sellado aplicados en frío. Métodos de ensayo. Parte 9: Ensayo de funcionamiento de productos de sellado
- PNE-prEN 14188-2 (última publicación año 2005) Productos de sellado de juntas. Parte 2: Especificaciones para productos de sellado aplicados en frío
- PNE 41260-1 IN (norma nueva) Materiales para firmes de carreteras. Mezclas bituminosas. Parte 1: Utilización de cal hidratada como polvo mineral de aportación

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146)

NORMATIVA EN PROYECTO

- PNE-prEN 933-2 (última publicación año 1999) Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas
- PNE-prN 1097-2 (última publicación año 2010) Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación

ÁRIDOS (COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 146)

NORMATIVA EN PROYECTO (continuación)

- PNE-prEN 1097-8 (última publicación año 2012) Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado
- PNE-prEN 13043 (última publicación año 2004) Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otra zonas pavimentadas
- PNE-EN 16236 (Norma nueva) Evaluación y verificación de la constancia de prestaciones (EVCP) de los áridos. Ensayo de tipo iniciales y control de producción en fábrica

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

Desde la última publicación de la revista en la normativa se han producido las siguientes novedades:

- Para ligantes bituminosos
 - o Se está trabajando en dos proyectos de norma técnicas relacionadas con las propiedades químicas de los betunes para la determinación de contenido de sal e índice de acidez.
- Para mezclas bituminosas
 - o Normas aprobadas
 - o Destacar la publicación de normas para la determinación de características empíricas habituales para las mezclas bituminosas como el contenido de huecos y la densidad máxima.
 - o También se han publicado normas revisadas para la preparación de probetas de mezcla bituminosa empleando diferentes métodos de la compactación como la giratoria, por vibración y de placas.
 - o Se dispone de la norma revisada de especificaciones para las mezclas tipo AC hormigón bituminoso.
 - o Publicación de normas relacionadas con la puesta en obra de mezclas bituminosas, una europea para la medida del perfil longitudinal, y una norma española para el control de la temperatura de las mezclas bituminosas durante su extendido.
 - o Normas en proyecto
 - o Se encuentra en proyecto dos normas una sobre el método para la determinación de la adherencia entre capas de mezcla bituminosa y otra sobre la medida del rozamiento tras el pulido.

#79

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

"En tramos con elevada intensidad de tráfico resultan idóneas las mezclas SMA por alargar los períodos entre rehabilitaciones, lo que conlleva una disminución de los gastos de mantenimiento y una considerable reducción de la afección al tráfico." Orden Circular OC 3/2019 sobre mezclas bituminosas tipo SMA (Normativa)

#INGENIERÍA

PUBLICACIÓN DE LA OC 3/2019 SOBRE MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO SMA

Con fecha diciembre de 2019 se ha publicado la Orden Circular OC 3/2019 en la que se establecen las prescripciones técnicas para el proyecto y la ejecución de las mezclas bituminosas tipo SMA para las actuaciones en la Red de Carreteras del Estado y que serán de aplicación en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares para Obras de la Dirección General de Carreteras, a través al artículo "544. Mezclas bituminosas tipo SMA" que se incluye como anexo a la Orden.

Los criterios recogidos corresponden a las comprobaciones de la conformidad de este tipo de mezclas en el marco de aplicación del Reglamento de la UE nº 305/2011 del Parlamento Europeo del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, y descritos en la norma armonizada UNE EN 13108-5 "Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA". Se puede acceder a este documento en el siguiente

https://www2.mitma.es/carreteras/normativa-tecnica/11-firmes-y-pavimentos

Este tipo de mezclas no son nuevas, sino que su aplicación presenta una amplia experiencia en países de la UE. Destacan entre sus características una mayor durabilidad y un buen comportamiento a la reflexión de fisuras, debido entre otros, por su alto contenido de ligante y composición granulométri-

En España también existen experiencias, pero hasta la fecha no se disponía de una normativa específica para su proyecto y ejecución. Por ello con esta Orden, se pretende justificar su aplicación en actuaciones de construcción y rehabilitación para conseguir pavimentos más durables y sostenibles de manera adecuada, limitando en principio su empleo, a los casos concretos de mejora de resistencia a la fisuración y/o a la fatiga.

Un tipo de aplicación sería la sustitución de una mezcla tipo BBTM en tramos en los que exista una elevada intensidad de tráfico (IMD>75.000 veh/día) con el objetivo de disminuir

por un lado los gastos de actuaciones de mantenimiento así como la afección al tráfico en dichas operaciones.

La Orden destaca una serie de consideraciones para este tipo de mezclas, con el objetivo de obtener las mejores prestaciones:

- Es fundamental una adecuada formulación de la mezcla empleando materiales de calidad (betunes, áridos incluido el filler de aportación), así como el empleo de aditivos estabilizantes que eviten fenómenos de escurrimiento y exudaciones por la presencia de elevados contenidos de ligante, evitando de esta forma deformaciones plásticas.
- Inicialmente no se contempla la posibilidad de utilizar áridos procedentes de reciclado de mezclas bituminosas (RAP), con el fin de poder evaluar su comportamiento sin la introducción de factores adicionales, pero sin descartar su empleo en el futuro.
- Se contempla el extendido en capa de rodadura de los tipos SMA8 y SMA11, y para rodadura e intermedia la tipo SMA16.
- Durante la puesta en obra se realizarán controles térmicos.
- Si fuera necesario se requerirá el empleo de equipos de transporte dotados de cajas aisladas térmicamente.
- Se indica la necesidad de una ejecución adecuada de las juntas transversales y longitudinales con el empleo de masillas de sellado.
- Se contempla la posibilidad de emplear equipos de alto rendimiento para el control de la textura superficial mediante la profundidad media del perfil (MPD).

En el artículo 544 se describen las comprobaciones para la conformidad tanto de las materias primas así como de las mezclas, indicando además los criterios para su fabricación, puesta en obra y control de calidad para su empleo en la Red de Carreteras del Estado.

En **Ferrovial Agroman** y **Ditecpesa** apostamos por la economía circular; con materiales de larga duración como el **betún para climas extremos BCE**, reciclando **pavimentos con betunes con rejuvenecedores** o fabricando **betunes modificados con polvo de neumático fuera de uso.**



www.ditecpesa.com

Una empresa Ferrovial

PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS. ENTREGA 08.

Andrés Costa

Miembro Comité Revista Asfalto y Pavimentación

5.17. Patología de surgencias

5.17.1 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

Este deterioro consiste en el afloramiento en la superficie de la carretera, o de los viales urbanos, de agua y finos procedentes de las capas inferiores a la de rodadura.

Aunque en la superficie de la carretera puede haber presencia de agua, finos o una combinación de ambos, (barro), no ha de confundirse con la patología de surgencia en la que la aparición de finos es debido a que son arrastrados por el ascenso del agua a la superficie; posteriormente este agua puede o no evaporarse dejando en la superficie barro o solo finos, en este último caso tendríamos un proceso similar al de las eflorescencias.

Lo habitual es que esta patología concurra con otras patologías como son fisuraciones, agrietamientos, hundimientos, cordones laterales, baches, etc. Esta conjunción de deterioros importa a la hora de determinar las causas, los efectos sobre la circulación y por supuesto las propuestas de reparación, como se irá analizando en los siguientes apartados.

5.17.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Para que se puedan producir estos procesos es necesaria la combinación de las circunstancias siguientes:

- Agua bajo la capa de rodadura.
- Posibilidad de ascensión:
 - o Fisuras, grietas.
 - o Roturas.
 - o Porosidad.

Además de ello, para que surjan finos, es necesaria la presencia de exceso de material fino en las capas granulares, zahorras o terraplén del firme.

Dependiendo de cómo el agua ha llegado a estas capas



Figura 110. Surgencias de finos y agua en distintos tipos de firmes.

bajo la de rodadura y de dónde proceden las surgencias, tendremos distintas causas y consecuentemente distintos tratamientos de reparación:

Patologías de los pavimentos. ENTREGA 08.

Acceso inicial del agua de fuera a dentro

En este caso, inicialmente el agua pasa de la superficie de la carretera a las capas inferiores y posteriormente, por succión por la acción del tráfico, retorna a la superficie, con o sin finos, por los mismos conductos produciendo la surgencia. Este paso inicial del agua es consecuencia de:

- Pavimentos de rodadura que se han convertido en excesivamente porosos:
 - o Capas asfálticas convencionales con un contenido de huecos superior al de sus especificaciones.
- Pavimentos de rodadura con deterioros que permitan el paso del agua:
 - o Fisuras, grietas, baches, descarnaduras, etc.

Con estos movimientos del agua la patología no se limita a las surgencias, si el agua accede y asciende desde las capas granulares de subbase, o de las de coronación de explanada o de las del terraplén, se producen otros efectos negativos como son: lavado de finos en las capas granulares, contaminación de estas capas granulares con finos arcillosos procedentes de la explanada o terraplén, incremento del contenido de humedad, en todas estas capas etc. y como conclusión de todo ello un descenso de la capacidad soporte de la estructura, lo que conduce a los deterioros asociados mencionados. También en firmes semirrígidos, con fisuración reflejada, el agua infiltrada puede acabar provocando un problema de bombeo de finos debajo de las capas hidráulicas, dando lugar a huecos por debajo de las losas y escalonamiento de las mismas.

Acceso del agua de dentro a fuera

Esta patología, habitualmente, se produce por la presencia de materiales finos, (y el efecto se incrementa si además son plásticos), en las capas granulares de la subbase o en la coronación del terraplén. El agua puede acceder a estas capas por fallos de las unidades de drenaje, principalmente las longitudinales. Estos materiales finos, y sobre todo si son arcillosos, tienen una gran capacidad de absorción de agua, este exceso de agua por la acción de succión del tráfico asciende hacia la superficie arrastrando a dichos finos.

En estos casos siempre se producirá rotura de la carretera. La presencia de materiales finos capaces de absorber gran cantidad de agua, a la vez que provoca las surgencias, originan una pérdida importante de capacidad soporte de la estructura de la carretera, lo que conlleva a la rotura de la capa de firme.



Figura 111. Surgencias de finos y agua en zona insuficientemente reparada anteriormente. No se resolvió el problema de finos de mala calidad en capas inferiores.

Todos estos efectos, además, se verán incrementados en mayor o menor medida en función de la intensidad de tráfico y del tiempo que se demore la reparación, ya que las acciones se suman: el que exista material fino implica rotura de la carretera y cuando se produce esta rotura se incrementa la posibilidad de paso del agua de fuera a dentro.



Figura 112. Surgencias de agua y finos como consecuencia de zahorra plástica y falta de drenaje longitudinal.

5.17.3 INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN EL USUARIO

Problemas a la vía

La posibilidad de que haya movimientos de agua entre las distintas capas de la carretera y si en ellas existen excesos de finos o estos son de mala calidad (plásticos), que pueden ser arrastrados por el agua, conlleva a pérdidas de la capacidad estructural de la carretera y con ello a deterioros asociados a las surgencias como son los blandones, fisuraciones, baches, descarnaduras, etc.

Problemas a los usuarios

La aparición en la superficie de agua, finos, o la combinación de ambos (barro), son muy peligrosos para la circulación de los vehículos, en especial los de dos ruedas, como motocicletas, ciclomotores y bicicletas.

Estos materiales son causantes de:

- Falta de adherencia al pavimento.
- Proyección de material sólido a otros vehículos.
- Pavimento antiestético.

Además de estos problemas a la circulación, la presencia de estos productos en la superficie de la calzada puede provocar, por el efecto del tráfico, proyecciones de los mismos a los peatones.

5.17.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

Las reparaciones de estos fallos dependerán:

- De las causas.
- · De los defectos asociados.

La reparación, en exclusiva, de la surgencia consistiría en su limpieza, pero evidentemente, de no solucionar la causa, esta seguirá manifestándose y evolucionará provocando otros deterioros.

Paso inicial del agua de fuera a dentro

Las reparaciones siempre dependerán de los deterioros asociados, ya que en este caso la reparación en exclusiva de la surgencia consiste en impedir el paso inicial del agua a través de la capa de rodadura, lo que se conseguiría impermeabilizando dicha capa:

- Si la causa es una capa de rodadura más permeable de lo solicitado, las actuaciones dependerán del grado
 - o Aplicar un riego de protección.

- o Aplicar una capa de lechada bituminosa.
- o Aplicar una nueva capa con menos huecos.

tura.

Si la causa es rotura de la capa de rodadura: o Se actuará en función del grado de la patología y por lo tanto según se prescribe para cada tipo de ro-

Paso inicial del agua de dentro a fuera

En este caso tenemos:

- Acceso del agua de capas inferiores a la de rodadura. Y además en algunos casos agraviados por:
- La presencia de finos, que incluso pueden ser plásticos, en las capas de donde procede el agua.

La reparación del defecto dependerá de los posibles deterioros asociados, y será:

- Eliminación de la posibilidad de la llegada del agua:
 - o Reparación o ejecución de obras de drenaje.
- En su caso, reparación de las capas afectadas, que, dependiendo del grado del deterioro y de la profundidad de la capa, podría consistir en:
- o Reciclado conjunto de las capas bituminosas con las granulares con cemento, cal o mixta.
- o Fresado de las capas asfálticas para su posterior reciclado y actuación sobre las granulares, sustituyéndolas o realizando tareas de mejora o estabilización in situ; posteriormente se colocarán las nuevas capas asfálticas.



Figura 113. Fresado de la capa bituminosa y eliminación de la capa inferior de zahorra plástica, reposición de esta que posteriormente se cubrirá con una capa de rodadura bituminosa.

Patologías de los pavimentos. ENTREGA 08.



Figura 114. Actuación sobre la capa granular cuando la superficie afectada es mayor.

pa de refuerzo.

Este tipo de fallo evoluciona a mayores deterioros muy rápidamente, por ello, como regla general, la mejor acción preventiva es la de actuar lo más pronto posible para evitar esta evolución.

5.17.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Como ya se ha dicho anteriormente, las causas principales de esta patología son:

- Incorrecta ejecución de la carretera.
 - o Incorrecta ejecución de las obras de drenaje.
- Incorrecto diseño del firme.
 - o Solicitar mezclas bituminosas muy abiertas.
 - o Espesores de mezclas escasos.
- Envejecimiento del firme.
 - o En el caso de una incorrecta ejecución de la carretera, las surgencias aparecerán al poco tiempo de su terminación y entonces no caben acciones preventivas.
 - o En el caso del envejecimiento de la capa de rodadura o pavimento, la causa inicial que provocaría las surgencias es el paso del agua de fuera a dentro como consecuencia de roturas del firme. En este caso las acciones preventivas serían:
 - o En el caso de fisuras, proceder a su pronto sellado.
 - o En el caso de aumento de la porosidad del pavimento, por desprendimiento de áridos, la acción preventiva sería la de aplicar una capa o bien de lechada o una mezcla bituminosa de refuerzo.
 - o En el caso de múltiples fisuras o grietas, si aún no se han producido otros deterioros, proceder a una ca-

¿Sabemos cuál es, realmente, el ligante que gobierna el comportamiento de una mezcla reciclada y en qué proporción lo hace?

Jacinto Luis García Santiago, jacintoluis@outlook.com

Las mezclas asfálticas en caliente fabricadas en central con material reciclado (RAP) suelen considerarse equivalentes a las hechas con materiales nuevos, en cuanto a prestaciones, durabilidad y empleo. En su diseño, caracterización y control de calidad se asume que el ligante que gobierna el comportamiento de la mezcla asfáltica reciclada es el resultante de la mezcla e interdifusión del ligante envejecido del RAP y el nuevo de aportación, tanto en aspectos cualitativos como cuantitativos. Pero este principio no siempre se cumple y la presencia de RAP inerte, ó "árido negro", hace que la combinación entre dichos ligantes pueda ser parcial o, incluso, inexistente, dependiendo de tecnologías y factores de producción que facilitan o dificultan esa difusión entre ligantes y su combinación, como son la temperatura en el RAP, la superficie de contacto entre el RAP y el ligante nuevo y el tiempo de contacto a alta temperatura de los ligantes.

El artículo analiza la influencia de los factores de producción de las mezclas recicladas con aportación de calor en el grado de combinación de ligantes y la verosimilitud de las hipótesis de mezcla total empleadas en diseño y control.

Palabras Clave: Reciclado, asfalto, betún, ligante, RAP.

Hot mix asphalt manufactured with recycled asphalt pavement (RAP) are usually considered equivalent to those made with new materials, in performance, durability, laying and use terms.

In its design, characterization and quality control it is assumed that the binder that governs the recycled asphalt mixture behavior is the result of the mixing and interdifusion between the RAP aged bitumen and the new one bitumen, both in qualitative and quantitative aspects. But this principle is not always fulfilled and the presence of inert RAP, or "black rock", means that the combination between these binders can be partial or even non-existent, depending on technologies and production factors that facilitate or hinder this diffusion between binders and its combination, such as RAP temperature, the surface contact between the RAP and the new binder and the contact time at high temperature between the binders.

This paper analyzes the recycled mixtures production factors influence in the degree of binders combination and the likelihood of the hypothesis of total mixture used in design and control.

Keywords: Recycling, asphalt, bitumen, binder, RAP.

¿Sabemos cuál es, realmente, el ligante que gobierna el comportamiento de una mezcla reciclada y en qué proporción lo hace?

1. INTRODUCCIÓN Y PRINCIPIOS GENERALES DE LAS MEZCLAS RECICLADAS EN CALIENTE EN CEN-TRAL

En la década de los 70 y a raíz de la crisis del petróleo de entonces, se empezaron a desarrollar y aplicar técnicas de reciclado de los firmes bituminosos, con el objetivo primario de reducir los consumos de productos derivados del petróleo como el betún. Desde entonces, sucesivos y constantes avances han convertido a los firmes asfálticos en un perfecto ejemplo de economía circular, por su reciclabilidad y reutilización al final de cada ciclo de vida útil y ello, incluso, de un modo repetitivo.

Se suele considerar que las denominadas mezclas asfálticas recicladas en caliente en central son equivalentes a las mezclas bituminosas en caliente convencionales, en cuanto a prestaciones, durabilidad, condiciones de puesta en obra y empleo, si bien algunas normativas, como la española, todavía establecen algunas restricciones en este último punto y en su composición. Esta misma consideración se aplica a las mezclas recicladas fabricadas a baja temperatura (templadas y semicalientes)

Para apoyar esta equivalencia de prestaciones, además de la caracterización de la mezcla asfáltica reciclada en laboratorio, se asumen algunos principios, siendo uno de los relevantes el de considerar que el ligante de la misma, el que define y gobierna su comportamiento, es el resultante de la mezcla y interdifusión de los ligantes presentes en ella: del envejecido presente en el material reciclado (RAP, acrónimo de Reclaimed Asphalt Pavement, que se usará en adelante) y del nuevo de aportación (ya sea betún, aditivo o combinación de éstos)

1.1 Determinación del ligante teórico con combinación total de ligantes en la mezcla

Cuando se produce la mezcla total de los ligantes, con la difusión dentro del ligante envejecido del nuevo de aportación, propiedades de esa mezcla de ligantes responden a leyes de mezcla, como las logarítmicas en el caso de la penetración, que se muestra a continuación [2], por lo que se pueden estimar las características del betún resultante en función de las del be-

$$Ps = 10 \frac{L \times Log(Pl) + V \times Log(Pv)}{100}$$

tún viejo del RAP y del ligante nuevo y de las proporciones de ambos en la mezcla.

donde:

Ps = Penetración de la mezcla de ligantes (mm/10)

L = Proporción de ligante nuevo en la mezcla (% en pe-

PI = Penetración del ligante nuevo (mm/10)

V = Proporción de ligante envejecido en mezcla (% en peso)

Pv = Penetración del ligante envejecido (mm/10)

El ligante nuevo a añadir se define, así, en función del contenido del ligante viejo en la mezcla (que depende su dotación en el RAP y de la tasa de reciclado) y de las características de éste. Suele ser un betún más blando o, en su caso, de características regenerantes, de modo que el ligante resultante se corresponda o tenga propiedades aproximadas a las de un betún nuevo adecuado para la mezcla a diseñar.

Así, conocida la penetración del betún del RAP y la tasa del reciclado se puede deducir cuál debe ser la penetración necesaria en el betún nuevo.

De igual modo, a partir de las penetraciones del ligante del RAP y de la del betún nuevo que se disponga, se puede estimar cuál sería la tasa máxima de reciclado.

En su caso, se definen otras propiedades como la composición del ligante regenerante o de los aditivos que se añaden para compensar componentes envejecidos del ligante del RAP, por pérdida de aromáticos y exceso de asfaltenos y obtener unas propiedades adecuadas en el ligante de la mezcla final

1.2 Principios asumidos en la normativa y en las guías de diseño

En la recientemente aparecida revisión del Artículo 22 del PG-4, RECICLADO EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN CEN-TRAL DE CAPAS BITUMINOSAS [1], se asume ese principio de mezcla total de los ligante. Así en su apartado 22.4.2 "Ligante hidrocarbonado de aportación" se dice:

"El ligante de aportación será seleccionado en función de la proporción y las características del ligante envejecido del RAP, de forma que al combinarse con éste se obtenga un ligante con características similares a las de los indicados en el artículo 542 del PG-3, en función de la capa de firme a la que se destine la mezcla bituminosa reciclada, de la zona térmica estival en que se encuentre y de la categoría de tráfico pesado"

Sin embargo, no se acaba de concretar cómo se debe conseguir esa combinación de ligantes ni cómo se debe controlar que se consigue, más allá de indicar en el apartado 22.4.4.3 que "El ligante hidrocarbonado procedente del RAP tratado, deberá ser susceptible de mezclarse homogéneamente con el de aportación y dar lugar a un producto de características similares a los betunes especificados en el artículo 542 del PG-3" y deja al criterio del Director de Obra la aceptación de aspectos que lo condicionan, como la de aceptar los tiempos de mezclado en el apartado 22.7.1.2 de Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.

Esa suposición, de que en una mezcla reciclada en caliente se produce una mezcla total de los ligantes presentes en ella, el envejecido presente en el RAP y el nuevo de aportación, está presente en las normativas, en las guías de diseño y en las prácticas habituales de control de calidad.

A pesar de su relevancia, en las normativas y prácticas de control suele ser un denominador común la indefinición de cómo asegurar que se produzca esa mezcla total de ligantes.

Sin embargo, este principio no siempre se cumple, puesto que la combinación entre dichos ligantes, que puede ir desde una mezcla y difusión total entre ambos hasta una mezcla parcial o, incluso, a una mezcla y difusión inexistente, depende de múltiples factores del proceso de fabricación que pueden alterar el grado de mezclado y que se tratarán de clarificar en este artículo.

2.UNA CUESTIÓN CLAVE: ¿CÓMO ES EL LIGANTE QUE GOBIERNA LA MEZCLA RECICLADA?¿DE QUÉ **DEPENDE?**

Las diferencias entre dos mezclas similares correctamente diseñadas, una formada con materiales nuevos o vírgenes y otra que incluye material reciclado, sólo radicarían en la diferente contribución e influencia del ligante envejecido del RAP en las propiedades del ligante final que gobierna la mezcla, fruto de su combinación, o no, con el ligante nuevo de aportación y en la influencia de partículas de RAP no disgregado en la granulometría real de la mezcla.

El grado de mezclado y combinación entre los ligantes citados puede ir desde una mezcla y difusión total entre ambos (con lo que el ligante resultante sí es el resultante de la combinación teórica de los mismos, con las leyes antes citadas) hasta una mezcla parcial ó, incluso, a una mezcla y difusión inexistente. En estos últimos casos, el nuevo ligante forma una capa de recubrimiento alrededor de las partículas de RAP, sin penetrar en ellas, aunque con una difusión parcial, estratificada de más a menos conforme se progrese hacia el interior de la partícula, que lo rigidizaría.

Por eso, un factor clave es el grado de "activación" del ligante del RAP, es decir, ¿cuánto del viejo ligante participa e interactúa con el nuevo ligante y cuánto está presente de un modo inerte, dentro de un árido negro?. Esa activación del ligante envejecido presente en el RAP depende de factores que facilitan o dificultan la difusión entre los ligantes y su combinación como:

- La temperatura en el RAP.
- La superficie de contacto entre el RAP y el ligante nuevo, que depende del grado de disgregación del RAP.
- El tiempo de contacto a alta temperatura (o baja viscosidad) entre los ligantes.

Por ello, una condición fundamental para que se logre una mezcla intima del viejo ligante del RAP con el nuevo de aportación, sería que el grado de disgregación del RAP fuese muy alto o total, lo cual sólo se conseguiría en caliente, a temperaturas por encima del punto de reblandecimiento de su ligante, y con aplicación de cierta energía de disgregación en el mezclador.

2.1 Un problema: El árido negro

Hay que tener en cuenta que, en el momento de la mezcla, pueden persistir partículas de RAP formadas por trozos de mezcla no disgregada, lo que puede resultar frecuente si la temperatura de calentamiento del RAP y/o la energía y el tiempo de acción del mezclador resultan insuficientes.

Estos trozos contienen, a su vez, varias fracciones de áridos y mortero y su interacción con el ligante nuevo se produciría solamente en su contorno, pudiendo permanecer el resto de ligante viejo, el de su interior, como un inerte. Presentarían poca o muy poca interacción de su ligante con el nuevo de aportación, con lo que se podría decir que actúa como un árido grueso más. (Lo que, en general, ocurre en los reciclados en frío).

Se comportarían, a efectos de clasificación granulométrica y superficie a envolver, como una fracción gruesa de árido negro, por lo que se también se conocen como black rock en la

¿Sabemos cuál es, realmente, el ligante que gobierna el comportamiento de una mezcla reciclada y en qué proporción lo hace?

literatura [2].

El estado de activación del betún envejecido que forma parte de una partícula de árido negro, es decir su mezclado y difusión con el nuevo ligante y/o aditivo añadido en el proceso de reciclado, podría esquematizarse como se indica en la Figura 1, con una difusión y mezcla de ligantes parcial, en el contorno de esa partícula de RAP. Difusión que se estratificaría de más a menos según se progrese hacia el interior de la partícula

visión teórica con el que se ha hecho la caracterización y formulación de la mezcla en el laboratorio, estando muy mediatizado por el proceso industrial de fabricación.

En todo caso, resulta muy difícil determinar con ensayos de control de la producción sobre la mezcla reciclada fabricada, cuál ha sido el grado de disgregación del RAP, si hay presencia de áridos negros en la misma, cuánto es el ligante no activado y cuál es y que características tiene el ligante activa-

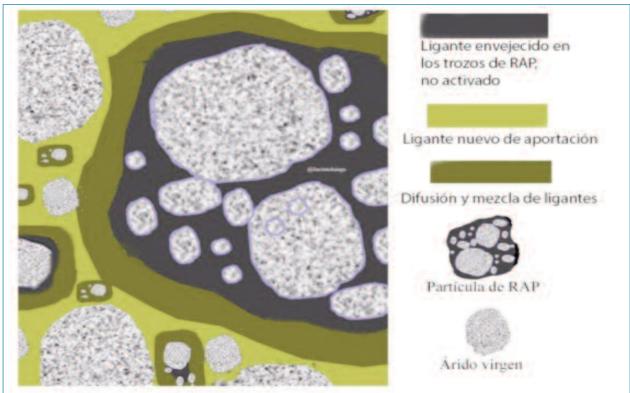


Figura 1. Esquema de mezcla y difusión de los ligantes del RAP y el de aportación en la película de envuelta de los áridos

de árido negro.

La presencia de RAP no suficientemente disgregado en la mezcla, que puede reducir sustancialmente la cantidad de ligante viejo activable, está estrechamente ligado a la tecnología de producción empleada, al modo de calentamiento del RAP y de la mezcla, al grado de disgregación obtenido en el RAP, al proceso y duración de la fase de mezclado y al tiempo de interactuación (aún a alta temperatura) entre el ligante viejo del RAP y el nuevo ligante y/o aditivos añadidos.

2.2 El ligante "real". Dudas razonables

El ligante que realmente gobernará el comportamiento de la mezcla reciclada puede diferir sustancialmente del de la predo.

Si bien existen algunos procedimientos capaces de discriminar la penetración del ligante nuevo en el viejo del RAP, como el descrito en [4], no son prácticos como control de producción, en el cual los métodos habituales determinan el contenido de ligante total, sin poder distinguir entre el activo y el inerte.

Asimismo, los métodos de recuperación de ligante provocan una mezcla, a posteriori, de los ligantes presentes en la muestra, obteniéndose así un ligante único, que no tiene porque ser representativo del estado en que están en la mezcla reciclada.

El grado de combinación real de los ligantes está muy ligado al proceso de fabricación de la mezcla reciclada, aspecto

que, sin embargo, no solía estar adecuadamente contemplado ni en los métodos de diseño de las mezclas con RAP ni en los procedimientos de control de calidad de la mezcla fabricada. La reciente actualización del Art 22 del PG.4 ha incluido algunas indicaciones, ya citadas, que pretenden poner el foco en este punto, aunque acaban remitiéndose a la consabida autorización del Director de Obra, sin concretarle métodos o parámetros objetivos para darla.

3.LA MEZCLA DE LOS LIGANTES Y SU CONTROL

Los procedimientos de diseño y los métodos de elaboración de mezcla para los ensayos en el laboratorio no contemplan, sino muy raramente, cómo será el proceso real de producción, definiendo la formulación independientemente de la tecnología de producción, con unos tiempos y secuencias de mezclado que pueden estar alejados del proceso de producción industrial de la mezcla. Es muy raro que se especifique adecuadamente cómo deben cumplirse en planta la hipótesis de mezclado y cómo deben controlarse, siendo los estudios de formulación de mezclas recicladas en caliente o baja temperatura, con abundante frecuencia, un ejemplo de disociación entre lo teórico (diseño en laboratorio) y lo práctico (fabricación en planta)

Asimismo, los procedimientos de control de calidad habituales de la mezcla reciclada sólo pueden visualizar el contenido conjunto de ambos ligantes (se hayan mezclado o no) y, en caso de determinación de sus características, darían las de la mezcla resultante de ambos, sin poder individualizar.

Existe, por tanto, una cierta indeterminación en los controles del proceso de mezcla del RAP y nuevos componentes y de su influencia en la mezcla efectiva de ligantes y en las propiedades del ligante resultante. Indirectamente, se dispone de las propiedades derivadas de ensayos sobre la mezcla, aunque algunas, ligadas al comportamiento y evolución a largo plazo, puedan quedar poco precisadas. Todo ello, puede llevar a disparidades entre el comportamiento de la mezcla reciclada fabricada en planta y la prevista en el laboratorio.

Por ello, un entendimiento del proceso de fabricación, de las variables del mismo, del método de calentamiento del RAP y sus límites para no afectar negativamente a su ligante, de su reblandecimiento y grado de disgregación en caliente alcanzado, la regulación de tiempos y energía de mezclado previos a la incorporación del nuevo y ligante y/o aditivo, el tiempo y

temperatura de interactuación posterior de los ligantes, etc., parece necesario para mantener el proceso bajo control y obtener una mezcla con características regulares.

Por ejemplo, variaciones del proceso que lleven a un insuficiente calentamiento y disgregación del RAP, llevarán a una reducción sustancial de la superficie de interactuación con el ligante nuevo y a una reducida, o incluso nula, difusión y mezcla entre ambos ligantes, alterando, las características de la mezcla.

Es el caso, que se presenta con frecuencia, cuando se procesa RAP excesivamente húmedo o se intenta una mezcla con una tasa más elevada de la posible con la tecnología aplicada, en cuyo caso en la mezcla habrá trozos de RAP (árido negro, AN) deficientemente integrados, se podría decir que sólo "hacen bulto". Además, los "áridos negros" introducen variaciones en la mezcla, aportando una granulometría real distinta de la deducida tras los ensayos, ya que los AN presentes en la mezcla, una vez extraído o incinerado su ligante, mostrarían la granulometría de su constitución, no la del grano individual que representan realmente en la mezcla

4. MÉTODOS DE INCORPORACIÓN DE LIGANTES Y ADITIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE LAS MEZCLAS **RECICLADAS**

Básicamente hay dos procedimientos de incorporación del nuevo ligante y/o aditivo de aportación, para su posterior mezcla con el envejecido del RAP, distinguiéndose según que se haga en una sola fase (el habitual y común) o bien en dos fases con un cierto desfase temporal.

En una fase única. Es el habitual. La incorporación del nuevo ligante (y/o aditivo) debe llevarse a cabo siempre después de que el RAP ha alcanzado suficiente temperatura, por encima de su punto de reblandecimiento, para que pueda lograr un alto grado de disgregación. Ello implica que no solamente debe haber habido una fase previa de calentamiento del RAP (directo o por transferencia de calor desde los áridos sobrecalentados), sino también una fase de disgregación en caliente con el mezclador, lo que supone unos tiempos adicionales de mezcla en seco. Asimismo, es en el tiempo de mezclado en húmedo cuando se materializa la mezcla íntima de ambos ligantes, mientras están a alta temperatura.

En dos fases. En una primera fase se calienta solamente el

¿Sabemos cuál es, realmente, el ligante que gobierna el comportamiento de una mezcla reciclada y en qué proporción lo hace?

RAP, a temperaturas relativamente elevadas (120°-140°C) por medio de gas caliente y se añade un aditivo regenerante en un mezclador (donde se alcanza las disgregación final de los trozos de mortero), llevándolo a un silo en caliente donde permanece un cierto tiempo, para que interactúen el aditivo con el betún viejo del RAP, regenerando y corrigiendo las propiedades de éste. Después de un tiempo prefijado (que puede llegar a una o varias horas), se procede a una segunda fase de fabricación de la mezcla con la adición de áridos y ligante vírgenes. Es un procedimiento sofisticado y complejo, pero muy eficaz, que se emplea en Japón, donde son habituales los reciclados con RAP procedente a su vez, de mezclas recicladas

5. FACTORES DE PRODUCCIÓN DETERMINANTES Y SU CONTROL

El punto fundamental y principio básico en las mezclas recicladas hechas con aportación de calor, tanto en reciclados en caliente como reciclados a baja temperatura (semicalientes y templados), es asegurar que se produce la mezcla de los dos ligantes (el viejo contenido en el RAP y el nuevo de aportación) y ello, ya se ha indicado que depende de:

- La temperatura en el RAP y, consiguientemente, de su ligante
- La superficies de contacto entre el RAP y el ligante
- El tiempo de contacto entre ligantes en estado de relativa fluidez.

y para conseguirlo hace falta:

a) Llevar al RAP a una temperatura suficientemente elevada, bastante por encima del punto de reblandecimiento del betún viejo, antes de proceder a añadir el ligante

El estado inicial del RAP (su granulometría y, principalmente, su humedad), la tecnología de fabricación empleada y el procedimiento aplicado, pueden asegurar este punto o, por el contrario, hacer que sea complicado o incierto conseguirlo.

Por ejemplo, uno de los métodos más comunes en plantas discontinuas, en el que se calienta el RAP exclusivamente mediante transferencia de calor desde áridos vírgenes sobrecalentados (sin precalentamiento previo del RAP), necesita un tiempo adicional de mezclado del RAP

- y los áridos (mezcla en seco) para poder secar y llevar al RAP a esa temperatura antes de añadir el ligante nuevo. Ese incremento de tiempo afecta negativamente al rendimiento de la planta y, consecuentemente, al coste de fabricación. Punto delicado, por tanto.
- b) Suficiente grado de disgregación en el RAP, es decir eliminación de la presencia de "áridos negros" en la futura mezcla reciclada. De ello depende la superficie específica de contacto y una envuelta eficaz con el nuevo ligante. El grado de disgregación conseguido depende tanto de la energía aplicada en el mezclador como de la temperatura a la que está el RAP mientras se aplica. Por otra parte, la energía que aplica un mezclador de ejes contrapuestos (que, a su vez varía con el grado de llenado y el tiempo de activación), no es la misma que la de un tambor mezclador, que es inferior a la de aquél.

Por ello, el proceso real de producción asociado al tipo de planta empleada, y los ajustes de la misma, condicionan en gran manera el grado de mezclado efectivo entre el ligante del RAP y el virgen de aportación y que esa mezcla se aproxime al planteamiento del diseño, de mezcla total, o que ésta sea parcial o muy poco lograda.

5.1 Tipologías de producción de mezclas recicladas en relación con la mezcla de los ligantes.

Según cómo se produzca el calentamiento del RAP se deben distinguir dos tipos básicos de instalaciones de fabricación de mezclas recicladas:

a) Plantas de doble tambor, que disponen de un tambor secador específico para el calentamiento del RAP, el cual se lleva a cabo mediante aportación directa de calor con gases calientes del quemador.

El tipo más común usa secaderos de flujo paralelo, que permiten llevar el RAP a temperaturas en el entorno de los 120°C, que suele ser la temperatura límite para no afectar al ligante del RAP.

Recientemente han aparecido tambores de contraflujo, con recirculación de gases y control preciso de la temperatura de los mismos en el trayecto de calentamiento del RAP, mucho más eficientes térmicamente y que permiten elevar la temperatura del RAP al rango 150-160°C, preservando las propiedades de su ligante. (Figura 2)

Es evidente, que se supera con creces la temperatura de

reblandecimiento del ligante del RAP, aun estando éste muy envejecido, por lo que estas tipologías garantizan la inexistencia de árido negro y el cumplimiento de las hicontrol, para asegurar el cumplimiento de las hipótesis de diseño en cuanto a mezcla efectiva de ligantes, el viejo del RAP y el nuevo de aportación.

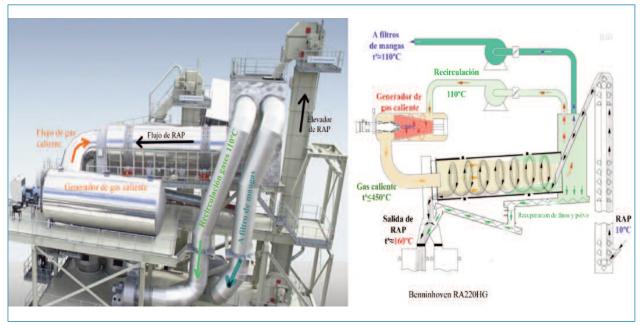


Figura 2. Tambor específico para calentamiento de RAP en contraflujo (Benninhoven)

pótesis de mezcla de ligantes, no presentando ninguna reserva en este aspecto ni precisando controles específicos al respecto.

Este sistema permite llegar a tasas muy altas de reciclado, incluso total y asegura totalmente unas condiciones de disgregación del RAP y fusión de su ligante que proporciona las mejores condiciones para asegurar la combinación de ese ligante con el nuevo (y aditivos, en su caso) de aportación.

b) Plantas en las que el calentamiento del RAP se efectúa mediante **transferencia de calor** desde los áridos vírgenes, que se han sobrecalentado con respecto a la temperatura normal para la fabricación de la mezcla.

Es la tipología más extendida, pero es en ella donde pueden aparecer deficiencias en la temperatura conseguida en el RAP y en el grado de su disgregación, dando lugar a presencia de árido negro y a una insuficiente mezcla de los ligantes.

Por ello, en lo que sigue, se analiza con detalle en este tipo de plantas, y sus procesos, la influencia de los diversos factores de producción en el calentamiento y grado de desmenuzado del RAP y como se debe establecer su

6. ¿CÓMO ASEGURAR UNA BUENA DISGREGA-CIÓN Y CALENTAMIENTO DEL RAP CON TRANSFE-RENCIA DE CALOR? UN MÉTODO PARA PREFIJAR LOS PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN

Como ya se ha indicado repetidamente, la disgregación del RAP debe hacerse en caliente, una vez superado ampliamente el punto de reblandecimiento de su ligante de modo que la energía aportada por el mezclador a un mástic muy reblandecido, en estado plástico-liquido, permita el desmenuzado de los trozos de RAP hasta individualizar todas las partículas de áridos que lo constituyen. En ese estado, previo a añadir el nuevo ligante, el RAP ya no presentaría elementos tipo AN, sino áridos envueltos en ligante.

Es por ello que parece interesante definir alguna metodología con la que se puedan fijar las condiciones de producción que pueden favorecer/asegurar esa mezcla efectiva de los ligantes viejo y nuevo, de modo que el ligante que gobierna el comportamiento de la mezcla se asemeje al previsto en el diseño, resultado de la combinación total o en alta proporción de los mismos. El control de calidad tendría esos parámetros de producción como puntos de inspección importantes a te-

¿Sabemos cuál es, realmente, el ligante que gobierna el comportamiento de una mezcla reciclada y en qué proporción lo hace

ner bajo control.

¿Cómo se pueden establecer y prefijar los parámetros de producción para obtener un mezclado satisfactorio, de modo que puedan emplearse como controles de calidad del mezclado?

Un método que parece muy adecuado consiste en la fabricación de mezcla (pero sin aportar ligante nuevo) para obtener muestras, que se podrían denominar "*Muestras en gris*", y observar en ellas el grado de reblandecimiento del ligante del RAP y la disgregación de los áridos negros a través de la envuelta conseguida en los áridos vírgenes exclusivamente con el ligante viejo.

Esta línea es la sugerida en el apartado 22.7.1.2 del ya citado Art. 22 del PG-4 [1], Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo, que dice:

"Los tiempos de mezclado del RAP con los áridos y el ligante de aportación (y el eventual producto rejuvenecedor), vendrán determinados por la homogeneidad de la mezcla, la total desaparición de los nódulos del RAP y la integración de todos los ligantes presentes. El tiempo total de permanencia de la mezcla bituminosa reciclada en el mezclador será aquel que garantice un amasado uniforme homogéneo y eficaz (reblandecimiento del ligante envejecido), y deberá ser aprobado por el Director de las Obras."

Mediante la obtención de diversas *muestras en gris*, en correspondencia con distintos tiempos de mezclado y temperaturas y observando en ellas la envuelta de los áridos nuevos, a los que se van adhiriendo el ligante y mortero del RAP, se puede prefijar la combinación adecuada de tiempos de mezcla y temperaturas conseguidas.

En la Figura 3 se muestra un ejemplo del aspecto tras varios tiempos de mezcla en seco.

Durante la producción el control debe tener en cuenta las temperaturas y esos tiempos mínimos de mezcla predeterminados, necesarios para conseguir la "fusión" y disgregación del RAP

Entender este aspecto permitiría definir y mantener bajo control aquellas variables del proceso de fabricación que pueden generar presencia de elementos de RAP no disgregados, después de la fase de mezclado.

Esta metodología debería perfeccionarse a través de una sistematización para poder incluirla como control en los proyectos.

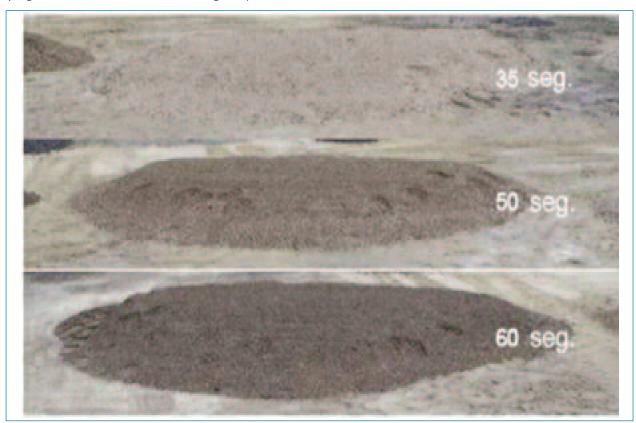


Figura 3. Muestras "en gris" de mezcla de RAP y áridos con distintos tiempo de mezclado

6.1 Aplicación en plantas discontinuas, sin tambor específico para RAP

En la tipología más extendida, la de plantas discontinuas, existen dos métodos para incorporar RAP a la mezcla:

a) En la base del elevador de áridos en caliente.

Sólo se emplea con tasas muy bajas de reciclado, generalmente por debajo del 10% y ello porque este método consigue un calentamiento correcto del RAP, por encima del punto de fusión de su ligante, lo que da lugar, como contrapartida, a problemas por su pegajosidad en las mallas de las cribas, siendo el factor limitativo de la tasa de RAP. No presentan problemas de temperatura o disgregación en el RAP y aseguran la combinación de su ligante con el nuevo, sin embargo, las mezclas con estas bajas adiciones de RAP no se suelen considerar mezclas recicladas ni se les aplica la normativa específica de éstas. (Art. 22 de PG.4).

b) En el mezclador, junto con los áridos sobrecalentados (se fija un límite superior a la temperatura de éstos, establecida en 220°C en la normativa) y el ligante virgen, y/o aditivo en su caso, resultando muy sencillo variar los tiempos de mezclado de los materiales introducidos en el mezclador.

Corresponden a esquemas como el de la Figura 4, siendo muy común su empleo con tasas de RAP no superiores al 30% en el caso de reciclados en caliente, en el entorno del 40% en reciclados semicalientes y de hasta el 60% en reciclados templados.

La aportación de RAP a temperatura ambiente se hace al mezclador, o a la báscula, a donde llegan los áridos vírgenes sobrecalentados, que calientan el RAP transfiriéndole su calor. Algunos aspectos importantes a determinar y controlar son:

• Por un lado el calentamiento del RAP, para llegar a la temperatura que permita su disgregación completa, exige un tiempo de contacto con los áridos sobrecalentados (cuya temperatura, por normativa, no debe superar los 220°C.) para absorber su calor y aumentar su temperatura, eliminando el agua de su humedad. Ello implica un cierto período de mezcla en seco, adicional al estándar de las mezclas convencionales. El objetivo sería superar de modo homogéneo (no sólo en la superficie sino en la masa de los trozos de RAP) la temperatura del punto de reblandecimiento del ligante del RAP.

- Por otra parte, la energía del mezclador, no sólo se aplica en homogeneizar la mezcla de áridos y RAP, sino en conseguir su disgregación a alta temperatura. Su eficacia es alta y suficiente, una vez superada la temperatura de reblandecimiento. Esta energía depende, no sólo del tiempo de aplicación, sino del grado de llenado del mezclador.
- Y, por último, el nuevo ligante, que debe aplicarse una vez que se haya alcanzado la temperatura prevista para su mezcla con el conjunto de áridos y RAP, actuará sobre la mayor superficie de contacto conseguida con un RAP disgregado, precisando un mayor batido para conseguir un buen contacto y reparto en el mástico viejo, en condiciones de menor viscosidad.

Variando estos factores (temperatura, tiempos de mezclado e, incluso si fuese necesario, volumen de amasada), se determina cuál es la combinación óptima a través de sucesivas muestras en gris.

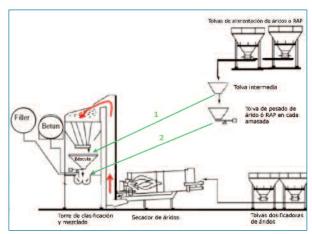




Figura 4. Soluciones en planta discontinua para reciclado con adición de RAP frío al mezclador

¿Sabemos cuál es, realmente, el ligante que gobierna el comportamiento de una mezcla reciclada y en qué proporción lo hace?

Como norma general, habrá un incremento de los tiempos de mezclado, tanto en seco como en húmedo, que tiene una repercusión directa sobre la caída de rendimiento en la fabricación y, por tanto y de una forma muy directa, un encarecimiento, que puede llegar a ser significativo, en la fabricación de la mezcla.

En mezclas fabricadas con esta tecnología es donde se suelen observar más problemas en el comportamiento de la capa, ya que es un procedimiento con un cierto riesgo si no se ejecuta adecuadamente (a costa de una cierta pérdida de rendimiento), susceptible a deficiencias en el proceso de homogeneización de temperatura y disgregación del RAP, por lo que en el control de este proceso se debe ser muy cuidadoso.

6.2 Aplicación en plantas continuas.

Modernamente suelen dotarse de un mezclador independiente, similar al de las discontinuas, por lo que la determinación de las temperaturas y tiempos de mezclado se puede hacer como se acaba de describir.

En las plantas en las que el mezclado se hace con un tambor, ya sea el propio, otro diferenciado o uno concéntrico externo, la regulación es algo más compleja, y el tiempo de residencia o de mezclado dependerá de la velocidad de giro y del flujo del material, que se determinarán de un modo similar, con muestras "en gris".

7. CONCLUSIONES

En el diseño, caracterización y control de calidad de las mezclas asfálticas en caliente fabricadas en central con material reciclado (RAP) se asume como principio base que el ligante que gobierna el comportamiento de la mezcla asfáltica reciclada es el resultante de la mezcla e interdifusión del ligante envejecido del RAP con el nuevo de aportación, tanto en aspectos cualitativos como cuantitativos.

En el artículo se ha analizado la influencia de los factores de producción de las mezclas recicladas con aportación de calor en el grado de combinación de ligantes y la verosimilitud de las hipótesis de mezcla total empleadas en diseño y control.

Cuando el calentamiento del RAP se efectúa exclusivamente por transferencia de calor desde los áridos vírgenes sobrecalentados existe el riesgo de que el citado principio no se cumpla, debido a la presencia de RAP no suficientemente disgregado ("árido negro") y caliente, que hace que la combinación entre dichos ligantes pueda ser parcial o, incluso, inexistente.

Como no hay ensayos prácticos de control de calidad de la mezcla que permitan la verificación del grado de mezcla entre el ligante del RAP y el aportado, este control debe hacerse sobre parámetros del proceso de producción, como los tiempos del proceso de mezclado, prefijados, tal como se indica y propone en el artículo, mediante observación visual de muestras "en gris".

8. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Fomento-Dirección General de Carreteras (2018)-.Orden Circular 40/2017 sobre reciclado de firmes y pavimentos bituminosos
- [2] Rebecca S. et alt. Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method (2000) NCHRP WD30
- [3] Usama Heneash- (2013) Effect of the Repeated Recycling on Hot Mix AsphaltProperties- Nothinghan Univ. thesis
- [4] Nuria Uguet el alt.-Eurovía (2018). Rehabilitación del firme en la A7. Un reciclado pionero- XIII Jornada Asefrma-Madrid.

Juan José Potti, nuevo vicepresidente de **EAPA**



Durante su asamblea general, la Asociación Europea de Pavimentos Asfáticos (EAPA) designó a Juan José Potti como nuevo vicepresidente de la organización. Por primera vez en la historia de la asociación, desde su fundación, en octubre de 1973, un español accede a este puesto.

El presidente ejecutivo de la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), Juan José Potti, toma el testigo de François Chaignon, quien a partir de ahora asume la presidencia de EAPA en sustitución del danés John Kruse Larsen, quien regentaba el cargo desde 2016.

Potti es doctor en Ingeniería por la Universidad Complutense de Madrid. Además de presidente de ASEFMA, en la actualidad ejerce como presidente de la Plataforma Tecnológica de la Carretera (PTCarretera) y de la Agrupación de Laboratorios de Entidades Asociadas a ASEFMA (ALE-AS). Es también director de la revista Asfalto y Pavimentación, publicación del Grupo Editorial Prensa Técnica, y coordinador de varios proyectos de I+D, nacionales e internacionales (Optel, Score, Fenix, etcétera).

De forma reciente ha sido elegido vicepresidente de la Asociación Europea de Pavimentos Asfáticos (EAPA). ¿En qué circunstancias se produce este nombramiento y a quién sustituye?

La Asamblea General de EAPA elige un vicepresidente cada dos años. Dicho vicepresidente será el que pasará a presidir la asociación dos años después. Es decir, en 2021 y por primera vez en la historia de la entidad: habrá un presidente español. Dicho nombramiento tiene una especial trascendencia para mí, más allá de la satisfacción personal: esta situación se produce 45 años después de la fundación de ASEFMA que, precisamente, nació para tener una participación activa y formar parte de EAPA.

¿Cuál había sido, hasta ahora, la presencia de españoles en la directiva de EAPA?

Nunca ha habido un español como presidente o vicepresidente, pero siempre existió una importante presencia en los órganos de gestión de EAPA. Más allá de estos dos cargos institucionales, la asociación cuenta con una serie de representantes que son trabajadores de la institución, como el secretario general, director técnico y resto del personal. También hay una serie de órganos, como el comité ejecutivo, el comité de dirección o el comité técnico, de los que forman, y han formado parte, diferentes personas en diferentes niveles. Desde hace 12 años, nuestro país tiene una representación tanto en el comité técnico como en el de dirección. Yo mismo he sido miembro del comité ejecutivo durante más de ocho años y me consta que, ya cuando se constituyó EAPA, hubo una participación muy activa por parte de José Luis Quesada en los máximos órganos de gestión del mismo, por lo que podemos decir que siempre ha habido representación por parte de España.

Usted es también el presidente de ASEFMA. ¿Cómo se relaciona históricamente la organización española con la europea?

Justamente cuando se constituye EAPA, en el año 1973, se decide que el órgano máximo del comité ejecutivo estuviese constituido por representantes, a través de una persona designada desde las asociaciones de pavimentación o mezclas bituminosas nacionales.

El primer problema que había, y que nos explicó José Luis Quesada en la clausura de la XIV Jornada de ASEFMA, es que, en aquella época, España no tenía una asociación de fabricantes de mezclas asfálticas. Eso se produjo un año más tarde, en 1974, con la constitución de la Asociación Sindical Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas, porque estamos hablando de un periodo político en el que solo existía la opción de constituirse como asociación sindical. Quesada estuvo explicando anécdotas de su constitución: había un edificio y una serie de infraestructuras que facilitaban el funcionamiento, pero la reunión únicamente se podía desarrollar dentro de aquellos edificios, porque era lo propio de aquella época.

EAPA se constituyó a partir de asociaciones nacionales y el único modo que tenían los fabricantes españoles de contar con representación era mediante la creación de una asociación. Así pues, ASEFMA responde a la necesidad de contar con un representante nacional: por ello se constituye un año después del nacimiento de EAPA, en 1974.

¿Cree que su nombramiento puede ayudar al sector del asfalto a tener una presencia más relevante en el ámbito europeo?

La situación no solo debe analizarse a nivel local sino también en un contexto internacional. En este momento, pocas personas discutirían la importancia de formar parte del proyecto europeo o la necesidad de contar con una visión europea -y me atrevo a decir que incluso más allá de Europa: global-. Los acontecimientos se han ido produciendo de tal manera que caben pocas discusiones al respecto. Yo siempre he defendido esta postura dentro de ASEFMA, incluso en los momentos más difíciles cuando fue necesario tomar medidas como consecuencia de la crisis y se llegó a debatir si merecía la pena o no formar parte de EAPA, cuyas cuotas eran relativamente altas. En esto hemos tenido un

sentimiento muy claro y mi posición siempre ha sido la misma: en el mundo actual solo se puede ser eficaz y activo cuando se hace desde una posición europea.

Hay que decirlo con toda claridad: buena parte de las decisiones que nos afectan a nivel de trasposiciones son defendidas y discutidas a nivel europeo. Para no lamentarnos en España de trasposiciones que nos obligan a realizar un esfuerzo de adaptación es necesario formar parte activa de las discusiones europeas.

Estoy convencido de que en Europa se debe aplicar el mismo enfoque que hemos utilizado en España: nuestra actividad no puede ser endogámica, no debemos limitarnos exclusivamente a defender la importancia de este sector y a fomentar el buen hacer y las buenas prácticas entre los miembros del mismo, sino que hay que tener una óptica más abierta, pensando en el ciudadano, en el político, en los periodistas... en definitiva: en todos los agentes que conforman la sociedad. Creo que esta óptica que tenemos en España debe conservarse al pasar al entorno europeo. Estoy absolutamente convencido de que el sector será lo que podamos conseguir, pero difícilmente podremos tener apoyo social y ser algo que el ciudadano reclame, cuando el ciudadano no está informado y no participa y no conoce las principales preocupaciones de nuestro sector. Ese esfuerzo es imprescindible a nivel nacional, europeo y global.

Hablemos de la industria del asfalto. ¿Cuáles son las características que definen el mercado nacional y en qué medida son idénticas o diferentes a las europeas?

Hay rasgos bastante específicos del mercado nacional. De todas los aspectos que llaman poderosamente la atención cuando se analiza el mercado español es que hay muchas empresas a pesar de que por efecto de la crisis su número se redujo a la mitad. Hay un centenar de empresas dedicadas a la fabricación de mezclas bituminosas y esta es una cifra indudablemente importante.

Lo planteo de otra manera: el actor más significativo a nivel nacional no llega a una cuota de diez por ciento sobre el total del mercado español. Esta circunstancia se produce en algunos mercados europeos, pero no es en absoluto generalizable y es muy distinta a la situación que se produce, por ejemplo, en Francia. Allí, por el contrario, se aprecia una concentración de tres grupos muy conocidos: Colas, Eurovía y Eiffage, que pueden concentrar entre el 75 y el 80 por ciento de la actividad total.

Por tanto, un primer hecho diferenciador importante es que la concentración de empresas o el peso relativo de una empresa dentro de una organización, indudablemente, es un criterio importante. ASEFMA es muy importante en España porque hacemos de punto de unión, de enlace entre los intereses legítimos de un montón de empresas que luchan por un mercado muy competitivo.

Otro rasgo importante es que, en cuanto a las materias primas, España tiene una buena superficie y no hay escasez de recursos. Nos podemos quejar de que los precios de los áridos aumentan cada día y de que la explotación y los permisos para la explotación se dificultan. Sin embargo, sigue habiendo materias primas y áridos. En betún somos incluso excedentarios, es decir, se exporta una parte del que se produce en España, y estas dos circunstancias también son diferenciadoras. En muchos países de la Unión Europea no hay áridos o betún: los tienen que importar.

En otros aspectos, como el de la mano de obra existe bastante homogeneidad. Es decir, tanto en España como en otros países europeos, este es un sector de oficio. Con esto quiero decir que es muy frecuente que los trabajadores inicien su actividad en el sector y permanezcan en ella durante toda su vida profesional. No es raro encontrar trabajadores que lleven más 30 años dedicándose al mundo de la carretera. Eso está muy bien pero -y esto lo uno con otra de las características del sector- la edad media de nuestros trabajadores es muy elevada: más del 50 por ciento de los trabajadores tienen más de 50 años, y eso conlleva que uno de los principales puntos débiles que tenemos en el sector sea la capacidad de atraer gente joven. En mi opinión, una



de las claves para lograr este cometido pasa por acelerar el proceso de trasformación digital, que considero imprescindible para el desarrollo presente y futuro de nuestra actividad. Hay mucho que hacer y, desde el momento en que lancemos y aceleremos el proceso, volveremos a traer gente joven a este sector que es, desde luego, apasionante.

¿Qué perspectivas a medio plazo tienen, para la industria del asfalto española y europea, aspectos como la innovación, regulaciones y sostenibilidad?

En términos de producción, España tiene que mejorar. Llevamos diez años en cifras no aceptables, estamos en unos niveles por debajo del 50% de lo necesario. Es decir, haciendo cuentas en números gordos y atendiendo a cifras de producción que consideramos aceptables: los resultados de producción de esta década equivalen a cinco años sin producir.Y eso es demasiado tiempo. Para recuperar el nivel que nos corresponde, tanto por la longitud total de nuestra red de carreteras y como por superficie del país, deberíamos situarnos en el segundo puesto de producción europea. Esto implica duplicar la activad actual. Y mi pronóstico es que eso debería ser así, hasta lograr la recuperación en un plazo de cinco años, para lo cual debemos situarnos en un ritmo de crecimiento sostenido del 20 por ciento. No me gustan los planes del choque y, además, sería muy peligroso para el sector. Pero un plan en estos términos durante los próximos cinco años me parece que no solo sería justo, sino también necesario.

Como es evidente, ese crecimiento tiene que ir acompañado de una economía circular y unas exigencias absolutas en materia de sostenibilidad, que son los términos hacia los que se orienta la regulación. Es decir, cada día somos más sensibles a las exigencias ambientales y a todos aquellos elementos que, hasta ahora, formaban parte de un apartado que se conocía como "lo verde". Lo verde es ya medular: es fundamental en nuestra actividad. En esta línea tenemos que hablar de mezclas bituminosas sonorreductoras, de gestión de residuos... o de la compra pública verde, donde vamos claramente convergiendo en dos parámetros: recuperación de la actividad y máxima sensibilidad ambiental.



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



Calendario de eventos

AÑO 2020		
12 de marzo ASEFMA	X Jornada de ensayos ; #XJornadaEnsayos	Madrid (España) www.asefma.es
23-24 de abril EAPA	7th International Seminar Asphalt Pavements	Opatija (Croacia) www.eapa.org
11 de mayo ASEFMA	XV Jornada Nacional de Asefma; #XVJornadaASEFMA	Madrid (España) www.asefma.es
12-14 de mayo EUROBITUMEN	The 7th Eurasphalt & Eurobitumen Congress; #eecongress2020	Madrid (España) www.eurobitume.eu
8 de junio EUROBITUMEN	International Symposium on Bituminous materials	Lyon (Francia) www.eurobitume.eu
12-16 de junio TRB	TRB 99th Annual Meeting	Washington DC (EUA) www.trb.org
21 de septiembre EUROBITUMEN	The 6th international conference on Accelerated Pavement Testing (APT)	Nantes (Francia) www.eurobitume.eu
4-6 de noviembre AEMA	International Symposium on Asphalt Emulsion Technology	Virginia (EUA) www.aema.org/

AÑO 2021				
9 de enero TRB	TRB 2021 Annual Meeting	Washington, DC (EUA) www.trb.org		
7-10 de febrero NAPA	NAPA. Annual meeting	Orlando, DC (EUA) www.eapa.org		
17-21 de febrero AEMA-ISSA-ARRA	AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting	San Antonio-Texas-(EUA) www.aema.org		
9-11 de marzo ASPHALT PAVEMENT	2021 World of Asphalt Show & Conference	Atlanta-(EUA) www.asphaltpavement.org		
21-23 de octubre AEMA-ISSA-ARRA	2020 International Symposium on Asphalt Emulsion Technology	Virginia-(EUA) www.aema.org		

AÑO 2022			
9-13 de enero TRB	TRB 2022 Annual Meeting	Washington DC (EUA) www.trb.org	
23-26 de enero NAPA	2022 NAPA Annual Meeting	The Phoenician (EUA) www.eapa.org	

AÑO 2023		
8-12 de enero TRB	2023 NAPA Annual Meeting	Washington DC (EUA) www.trb.org
1 de octubre NAPA	27th World Road Congress	Praga (República Checa) www.eapa.org

Calendario



Mirando al pasado

Documento publicado en Mayo - octubre de 1976.



VOLUMEN III - Pág. 221



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

El asfalto es un material ampliamente utilizado en aplicaciones muy diversas, pero sobre todo en tres campos específicos, que son la pavimentación de carreteras, el revestimiento de obras hidráulicas y la impermeabilización de edificios. La construcción de carreteras es, a mucha distancia, su campo de aplicación más importante ya que en este terreno ofrece soluciones cuyas características técnicas y ventajas económicas no han sido hasta ahora igualadas por ningún otro material.

En el terreno de la construcción de carreteras, el asfalto ha contado siempre con un competidor destacado en el cemento hidráulico, empleado como constituyente de los pavimentos rígidos o como material de estabilización de suelos o de mejora de calidad de las gravas. Como es bien sabido, los pavimentos flexibles presentan frente a los rígidos diversas ventajas entre las que ocupa un lugar muy destacado la posibilidad de realizar refuerzos sucesivos y reparaciones localizadas, así como la ausencia de juntas. También es una ventaja evidente la posibilidad

de construir pavimentos asfálticos de costo muy bajo que no tienen equivalente alguno en el campo de los pavimentos rígidos. Es evidente que el importante incremento de los precios de los crudos petrolíferos ha conducido a encarecimientos de mayor importancia en los asfaltos que en los cementos hidráulicos, por lo que la apreciable ventaja económica que presentaban los pavimentos flexibles respecto a los rígidos hace algunos años ha disminuido notablemente, llegando a desaparecer en algunos casos si se comparan pavimentos de igual calidad. La comparación, pues, al referirse a estos pavimentos de mayor calidad y coste más elevado, ha de centrarse fundamentalmente en las ventajas e inconvenientes técnicos de ambos tipos de pavimentos. Los pavimentos asfálticos continúan siendo prácticamente la única solución satisfactoria en el caso de los pavimentos económicos y los de tipo medio.

En todo tiempo se han estudiado aditivos o modificaciones del asfalto que pudieran mejorar su comportamiento para determinadas aplicaciones. En España, el problema planteado por las elevadas cargas de nuestros vehículos, junto a nuestras determinadas aplicaciones. En España, el problema planteado por las elevadas cargas de nuestros vehículos, junto a nuestras condiciones orográficas y climáticas, que exigen la obtención de mezclas de alta resistencia a la deformación, hace atractivo el estudio de aditivos que permitan la construcción, en condiciones técnicas y económicas aceptables, de mezclas con un ligante residual muy viscoso que aumente la resistencia de las mezclas a la fluencia plástica. Evidentemente, cualquier tipo de aditivo que se introduzca en una mezcla asfáltica conducirá a una elevación del precio del ligante que, sin embargo, puede estar justificada en algunos casos por la mejora que suponga en la calidad del producto final. Se ensayan como aditivos de este tipo diverso; ados del caucho, resinas sintéti falto de Trinidad y, con resultados muy prometedores, los asfaltenos en polvo. La acición de los asfaltenos a las mezclas asfálticas permite trabajar utilizando betunes bastante blandos—que hacen la fabricación, extendido y compactación de la mezcla muy fáciles— logrando poco después, como consecuencia de la solvatación de los asfaltenos, una mezcla idéntica a la que se hubiera obtenido empleando un betún asfáltico de penetración mucho menor asfáltico de penetración mucho menor

Conviene también mencionar entre los productos que pueden utilizarse como aditivos para las mezclas asfálticas, el azu-fre, que puede incorporarse a la mezcla asfáltica en estado de fusión o emulsionado en el betún asfáltico.

En unas Jornadas sobre nuevas utilizaciones del azufre que tuvieron lugar en Madrid en el mes de mayo de este año, se vio que se prevé una utilización de este procedimiento apreciable por la cantidad de azufre utilizado dentro de diez años aproximadamente.

Todas estas técnicas pueden tener posibilidades en el futuro, en los lugares y momentos adecuados, pero es necesario que seamos muy cuidadosos en su introducción, por los posibles efectos a largo plazo que algunas de ellas pueden pre-sentar. De aquí el que su incorporación inmediata al arsenal de recursos técnicos del proyectista sea casi siempre totalmente imposible.





www.eiffageinfraestructuras.es

Noticias del sector

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

AENOR ha anunciado el programa de seminarios online que impartirá en 2020

La empresa de servicios profesionales AENOR, con quien ASEFMA ha suscrito recientemente un acuerdo para que sus asociados disfruten de precios reducidos en la compra de normas y en las formaciones especializadas, anuncia su programa de webinarios para 2020. Dichos seminarios web se inscriben en las formaciones cortas y en modalidad online que imparte la entidad para los miembros de los comités técnicos de normalización.

Los socios de ASEFMA tendrán acceso a estas formaciones mediante un correo electrónico de invitación que recibirán entre 7 y 15 días antes del inicio de cada seminario. La inscripción será completamente gratuita y online a partir del formulario de registro incluido en el email recibido. La conexión se realizará a través de la aplicación GoToMeeting, mediante un enlace que llegará únicamente a quienes se hayan registrado. Dichos webinarios consistirán en una exposición de 20 minutos a cargo de expertos en cada una de las temáticas señaladas y un turno de preguntas.

ASEFMA presenta el programa de la X Jornada de Ensayos y abre el período de inscripciones

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos acogerá el próximo 12 de marzo de 2020 la Jornada anual de caracterización de mezclas bituminosas que organiza ASEFMA. Esta décima edición del evento, que ya es referencia nacional en el campo de la experimentación con mezclas asfálticas, estará dirigida por el director gerente de la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC) y coordinador del grupo de trabajo GT-6 de ASEFMA sobre seguridad y salud, José Luis Peña.

Expertos, académicos, técnicos y personal de la Administración encontrarán una sesión dedicada a las prestaciones, diseño y control de mezclas tipo SMA; análisis de la normativa europea de mezclas AC con emulsión (EN 13108-31) y nuevos ensayos de control, ponencias que recogen las conclusiones de los trabajos desarrollados por ALEAS y comunicaciones libres no expuestas durante la XIV Jornada Nacional de ASEFMA.

Por la tarde, y esta es una de las novedades que presenta el programa de este año, los asistentes podrán asistir a un taller interactivo sobre metodología de diseño y dosificación de mezclas bituminosas basado en la monografía número 19 de ASEFMA y a otro sobre diseño de pavimentos asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico, basado en la Guía que lleva el mismo nombre.

Todo el evento será retransmitido vía streaming HD por el instituto técnico ITAFEC. La visualización para los usuarios será gratuita gracias al patrocinio del socio de ASEFMA: Rettenmaier Ibérica.

La Generalitat valenciana impulsa la guía de pavimentos asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico

La publicación de la Guía de pavimentos asfálticos supone su reconocimiento como documento de referencia para obras de nueva construcción y rehabilitación de firmes en vías urbanas e interurbanas en el territorio nacional. Dicha aprobación se inscribe, además, en las acciones que realiza la Generalitat para respaldar la investigación aplicada y el desarrollo de estudios prenormativos dirigidos al fomento de la calidad y de la sostenibilidad en el proceso constructivo para la rehabilitación y regeneración urbana.

Al igual que otros documentos que la Administración autonómica promueve, "su utilización va a permitir que sean adoptadas las soluciones constructivas más adecuadas para

Noticias del Sector

cada vía sobre la que se vaya a intervenir", ha informado la Generalitat en un comunicado, "En la actualidad se están preparando unas fichas o cartillas para la puesta en obra de las soluciones constructivas que esta guía propone", ha anunciado.

El documento, que ha sido promovido por la Generalitat Valenciana y Diputación de Valencia, ha contado con el apoyo de ASEFMA y de la empresa PAVASAL, y ha sido editado por el Instituto Valenciano de la Edificación (IVE), tiene como objetivo que los profesionales, proyectistas y personal técnico de los ayuntamientos puedan reconocer las mejores opciones constructivas para este tipo de pavimentaciones, teniendo en cuenta criterios de seguridad y comodidad para el usuario y minimizando el impacto sobre el medio ambiente, además de considerar otros criterios económicos o de acabado superficial.

luan Lazcano, renueva su cargo como Presidente en La Asociación Española de la Carretera (AEC)

Juan Lazcano renueva por tercera vez su mandato al frente de la Asociación Española de la Carretera durante los próximos cuatro años. Su ratificación como presidente por parte del Consejo Directivo de la AEC, tuvo lugar el pasado 16 de enero en la sede del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). El equipo de gobierno que le acompañará en este nuevo período estará formado por el presidente de ASEFMA, Juan José Potti; Antonio José Alonso Burgos, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana; Jaime Halcón, de Repsol; Mario Lombán, de 3M España; Carlos Ortiz, de Probisa; Dolores Ortiz, del Ayuntamiento de Madrid; Mª Consolación Pérez, de la Comunidad de Madrid; y Javier Piedra, de la Diputación Provincial de Valencia.

Tras su nombramiento como presidente, el también presidente de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC) y de la Fundación Laboral de la Construcción (FLC), expresó sentirse "ilusionado ante una nueva etapa con grandes retos y oportunidades muy singulares por delante" y señaló las tres grandes cuestiones que conforman la hoja de ruta de la nueva "legislatura":

• La reducción de las emisiones de CO2 a la atmósfe-

ra, a partir de actuaciones que contribuyan a alcanzar los compromisos adquiridos por el Gobierno con el recientemente anunciado Pacto Verde Europeo;

- La mejora de la seguridad vial, mediante el desarrollo de líneas de trabajo específicas en el marco de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, dentro de la Estrategia "Sistema Seguro'';
- La definición de las claves de la movilidad del futuro, con la creación del Foro "Smart Roads", primer grupo de expertos español en el que se van a sentar las bases técnicas, políticas y económicas de las carreteras.

"Abordar la financiación de la red viaria y las emisiones del tráfico son las prioridades de esta nueva etapa"

ASEFMA ha participado en el seminario internacional eSeMA 2020 sobre mezclas bituminosas tipo SMA

El presidente de la patronal española de fabricantes de mezclas asfálticas (ASEFMA), Juan José Potti, intervino el pasado 30 de enero en el Seminario internacional eSeMA 2020, que se celebraba en Polonia, a petición de Rettenmaier Ibérica. Su intervención estuvo centrada sobre estrategias de marketing y uso de herramientas sociales en la industria del asfalto.

En dicho seminario también participó otro español: el director técnico de la Asociación Europea de Asfalto y Pavimento (EAPA) Breixo Gómez-Meijide, quien presentó la situación de la industria del asfalto en Europa y la visión de EAPA sobre el futuro del sector, incluyendo referencias al concepto de asfalto 4.0.

El programa fue completado con otras catorce intervenciones de ponentes procedentes de Alemania y Eslovenia que expusieron experiencias con mezclas tipo SMA en Eslovenia y retos en materia de pavimentación asfáltica como digitalización, reducción de la contaminación acústica y sostenibilidad medioambiental en carreteras. Por último, se presentó tecnología VIATOP® desarrollada por el grupo JRS para mejorar las propiedades de las mezclas bituminosas.

Jornada Técnica sobre recomendaciones para carreteras locales de la Asociación Española de la Carretera

El pasado día 5 de febrero de 2020 se ha celebrado la Jornada Técnica "Recomendaciones para carreteras locales: La respuesta a una necesidad en la gestión viaria", organizada por la Asociación Española de la Carretera (AEC), que tuvo lugar en el Salón de Actos del edificio CETA (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas - CEDEX, calle Alfonso XII, 3 y 5).

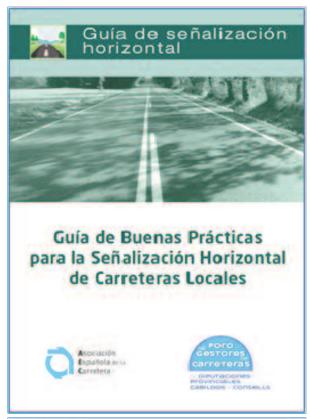
Durante el encuentro se han presentado la "Guía de buenas prácticas de señalización horizontal en carreteras locales", de la mano de David Calavia, Presidente de Forovial, y la "Guía para la rehabilitación y la gestión de los firmes de las carreteras dependientes de las administraciones locales", a cargo de Miguel Ángel del Val, Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid.

Además, se han celebrado dos mesas redondas con la intervención de responsables de carreteras de las corporaciones provinciales de Alicante, Barcelona, León, Mallorca, Pontevedra, Toledo, Valencia y Valladolid, en las que se han expuesto los principales retos a los que se enfrentan estos profesionales en cada uno de los ámbitos de trabajo mencionados y se ha profundizado en la necesidad, utilidad y aplicación de las guías.

Estos documentos, que vienen a cubrir un vacío normativo desde la perspectiva técnica en el ámbito de las redes de carreteras de ámbito provincial y local, han sido elaborados en el seno del Foro de Gestores de Carreteras de Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consells Insulares, promovido y coordinado por la Asociación Española de la Carretera, y presidido por la Diputación de Barcelona. En él participan 35 administraciones locales de toda España.

La "Guía de Buenas Prácticas para la Señalización Horizontal de Carreteras Locales" pone de manifiesto cómo las marcas viales desempeñan un papel fundamental en la implantación del concepto de carretera autoexplicativa, que es aquella que transmite a los conductores adecuadamente lo que se espera de ellos en cada momento, reduciendo las situaciones de riesgo. Se estructura en dos apartados: Señalización horizontal en carreteras locales y Mejora de la circulación y la seguridad en carreteras locales por medio de señalización horizontal, situaciones y soluciones.

En cuanto a la "Guía para la Rehabilitación y la Gestión de los Firmes de las Carreteras dependientes de las Admi-





Noticias del Sector

nistraciones Locales", pretende abordar las dificultades que, en materia de firmes, especialmente en lo que se refiere a sus rehabilitaciones, se les plantean a las administraciones locales, dificultades que se derivan de la inexistencia de normativa específica, de la diversidad de las carreteras en cada territorio, de los presupuestos disponibles y de la complejidad de la gestión de estas redes.

Durante su presentación, el Subdirector General de Conservación del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, señaló que "los presupuestos actuales que tenemos para conservación son insuficientes" y reiteró el compromiso de la Dirección General de Carreteras con la conservación y mantenimiento de la red. Alfredo González también expresó su confianza en iniciar una senda de crecimiento en la inversión en mantenimiento y conservación de la red y la necesidad de incorporar criterios de sostenibilidad en el proceso de mejora de los planes de conservación.

El Colegio de Ingenieros de Caminos de Madrid entrega sus XII Premios Anuales 2019

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid ha celebrado la entrega de sus XII Premios Anuales 2019 el viernes 7 de febrero en una gala celebrada en la Galería de Cristal del Palacio de Cibeles.

Estos prestigiosos galardones reconocen grandes proyectos y el trabajo de los ingenieros de Caminos de Madrid que con sus soluciones innovadoras mejoran la calidad de vida de los madrileños.

El premio en la categoría "Mejor Obra Pública" ha sido otorgado al "Entorno del estadio Wanda Metropolitano", un ámbito de actuación que comprende una superficie de más de 1.200.000 metros cuadrados en los que se han creado distintos paisajes y ambientes.

El premio a la "Mejor Obra Pública Municipal" de 2019 se ha concedido a la rehabilitación del Frontón Beti Jai. Se destacan de esta obra la investigación realizada para la recuperación del sistema constructivo a través de los materiales utilizados, logrando la réplica de la construcción original.

El Premio al "Ingeniero Destacado" de esta edición ha sido concedido por unanimidad a Juan Francisco Lazcano, recién reelegido presidente de la Asociación Española de la Carretera y presidente de la Confederación Nacional de la Construcción. Se destaca de este ingeniero su participación en la vida colegial y su colaboración proactiva, desde sus responsabilidades asociativas, en defensa de la profesión y de las empresas del sector.

El "Premio al mejor proyecto de investigación y/o innovación", se ha otorgado a la nueva técnica de reconocimiento geológico para túneles con máquina tuneladora (TBM), desarrollada por ACCIONA.

El "Premio a la mejor actuación en materia de proyectos de ingeniería u obra desarrollada por una pyme" ha sido otorgado al Puente sobre el Río Mersey, en el que ha participado la Ingeniería Fhecor. Se trata del puente de mayor envergadura construido en Inglaterra en las últimas décadas y primer puente atirantado multivano de hormigón construido tanto en Europa como en América.

En el premio a la "Mejor Actuación de Servicio Público" se ha reconocido el Sistema de carga por Inducción de la Empresa Municipal de Transportes (EMT). Se trata de un sistema pionero e innovador de recarga por inducción de los autobuses cero emisiones que se está probando como experiencia piloto en las cabeceras de la línea 76 de Madrid.

En la categoría de "Mejor Trayectoria en el Exterior" se ha premiado a Alberto Gonzalo Carracedo, destacando su perfil emprendedor y su desarrollo profesional, que le han permitido convertirse en referente en los ámbitos del proyecto, la reparación y el mantenimiento de la obra pública hidráulica, con objeto de prolongar la vida útil de las instalaciones.

El jurado de esta edición ha concedido el "Premio Responsabilidad Social y Sostenibilidad" al proyecto "Agua limpia y saneamiento para el colegio de la comunidad de Balanka. Fase I". Se trata de un proyecto que permite facilitar el suministro de agua potable a los alumnos del colegio de Balanka (Togo).

En la categoría de "Ingeniero Joven" el jurado ha premiado la trayectoria profesional de Andrea Martínez Maroto, con más de una década de experiencia en la Dirección de Ferrocarriles de Ferrovial Agromán, donde compagina su actividad en España con la función de jefe de obra en Portugal.

El premio al "Mejor trabajo periodístico" de 2019 se ha otorgado al programa de Radio Exterior (RNE) "A Golpe de Bit" emitido el pasado día 8 de octubre de 2019 de la periodista Marta Fajardo, la emisión se centró en el Túnel de

la Innovación de la Semana de la Ingeniería de Caminos en Madrid.

ASEFMA afirma que la producción actual de mezclas asfálticas en España es la mitad de la que necesita la red de carre-

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) ha celebrado su Asamblea General Ordinaria el pasado 28 de enero de 2020. En dicho acto se expusieron varios temas entre los que estaba el ligero repunte en los resultados productivos de la industria del asfalto de 2019, pero sin olvidar que la cifra actual es la mitad de la adecuada para responder a las necesidades de la red viaria española. Al término de la misma también tuvieron su turno de palabra Juan José Potti, presidente de ASEFMA; Juan Lazcano, presidente de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC) y de la Asociación Española de la Carretera (AEC); y Alfredo González Herrero, Subdirector General de Conservación del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Juan José Potti anunció que el sector había cerrado 2019 con una cifra estimada de producción de 18,6 millones de toneladas de mezclas asfálticas y que el consumo de betún para mezclas asfálticas ha crecido un 16,8% respecto al año anterior. Estos datos los continúa situando en un contexto de crisis sectorial y muy por debajo de la inversión que requieren las carreteras en España: para atender a las necesidades de la red viaria española se debe duplicar la producción actual de mezclas asfálticas.

"España ocupa el séptimo lugar en Europa en producción de mezclas asfálticas por detrás de Turquía, Alemania,

Francia, Italia, Inglaterra y Polonia" recordó el presidente de ASEFMA, "pero atendiendo a la longitud y características de nuestra red debería registrar un índice de producción similar a Francia o un poco menor". En esta línea, opinó que "estamos en la mitad del valor que nos corresponde: España debería moverse en unos 30 millones de toneladas producidas, con una variación de más o menos 10%".

Por su parte, Juan Lazcano habló durante su intervención que el 2019 había sido un año bueno en licitación. "La licitación global en construcción a fecha de noviembre ya había crecido un 16,75% y específicamente en obra civil: un 9,34%", expresó. "En el área de carreteras, con datos de septiembre, la administración central licitó 1.342,42 millones de euros (un 169,47% más que el ejercicio precedente) y la administración autonómica 1.633 millones (un 121,06%). Sin embargo el importe licitado para carreteras por las administraciones locales cayó un 44,22% hasta los 501,99 millones de euros".

El máximo representante de la AEC anunció que "Tenemos un escenario propicio para el crecimiento, con grandes retos y oportunidades", y quiso destacar algunas reflexiones que están calando en la esfera política como el pago por uso de las infraestructuras y la sostenibilidad financiera o la influencia del estado de conservación del pavimento sobre las emisiones de los vehículos que por él circulan. "Repavimentar la mitad de la red de carreteras de nuestro país permitiría ahorrar 1.600.000 toneladas de CO2 al año", expresó en referencia al reciente estudio de la AEC que relaciona el estado de conservación del pavimento con las emisiones producidas por los vehículos. "Equivale a las emisiones que produce todo el tráfico de la ciudad de Madrid durante 8 meses".



Juan José Potti, Juan Lacano y Antonio José Alonso Burgos

Noticias del Sector



Juan José Potti, Juan Lacano y Antonio José Alonso Burgos



Lecturas recomendadas

Publicación "Disc Shaped Compact Tension (DCT) Specifications Development for Asphalt Pavement". Minnesota DOT. Junio 2019. 135 p.p.

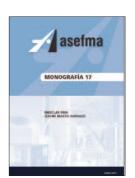
Hay un consenso generalizado en el sector de las mezclas asfálticas sobre la necesidad de desarrollo de métodos de ensayo capaces de caracterizar propiedades fundamentales de las mezclas, muy especialmente aquellas que están relacionadas con la durabilidad.

Uno de los modos de deterioro que más inciden en el comportamiento de los pavimentos asfálticos es la fisuración, por lo que es muy numerosa la bibliografía sobre esta temática. Sin embargo, una demanda del sector es el desarrollo de métodos de ensayo rápidos para su empleo en la fase de diseño y control de mezclas bituminosas que permitan una toma de decisiones rápida.

Uno de dichos métodos de ensayo es el "disc shaped compact tensión (DCT)" ampliamente utilizado en EE.UU con el que se ha realizado una campaña de control y seguimiento de obras por parte del Departamento de Transporte de Minnesota. Lo destacable de la publicación es la amplitud del trabajo realizado, cubriendo laboratorio y obras, y muy especialmente, los resultados estadísticos de los resultados.

http://www.dot.state.mn.us/research/reports/2019/201924.pdf





Publicación "Monografía 17. Mezclas SMA (Stone mastic asphalt). 2019. 84 p.p.

La reciente publicación de la orden circular 3/2019 por parte de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana ha incorporado a la normativa española un tipo de mezclas que ya se han utilizado durante 4 décadas en las carreteras de muchos países, incluso en España, aunque bajo denominaciones diversas.

Asefma ha promovido el uso de estas mezclas dada su gran durabilidad y para facilitar la llegada al mercado publicó la Monografía 17, que puede considerarse una guía complementaria a la orden circular. Esta monografía puede ser de gran utilidad para aquellos técnicos que deseen tener una visión en profundidad de las prestaciones y características de las mezclas SMA.

Secciones fijas

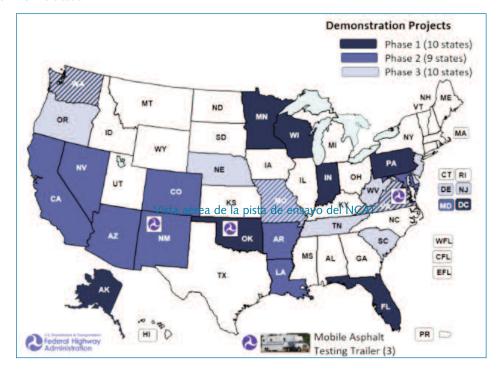
Publicaciónes "FHWA Demonstration Project for Enhanced Durability of Asphalt Pavements through Increased In-place Pavement Density". FHWA. 2019. 80 p.p.

No es ninguna novedad la correlación entre durabilidad y nivel de compactación de las mezclas bituminosas. De hecho, en la mayor parte de las especificaciones la densidad es uno de los criterios básicos de aceptación o rechazo.

Lo que ya no es tan común es encontrar un análisis pormenorizado de cómo se puede optimizar más aún el nivel de compactación con el objetivo de prolongar la durabilidad de los pavimentos.

La Federal Highway Administration de EEUU, en colaboración con NCAT, iniciaron diversos estudios encaminados a cuantificar los potenciales beneficios de incrementar la densidad en obra por encima de las especificaciones existentes. El trabajo se ha completado con un gran número de obras cuyo seguimiento se detalla en el informe citado.





https://www.fhwa.dot.gov/pavement/pub_details.cfm?id=1096

Actividades de I+D+i del Departamento de Transporte de Minnesota



Los departamentos de transporte (DOT) de EEUU tienen transferida gran parte de las competencias de gestión de la red de carreteras de EEUU y una de las actividades que llevan a cabo con sus recursos es la promoción de actividades de I+D+i.

No todos los DOT tienen el mismo nivel de actividad innovadora, siendo un pequeño grupo de ellos los que encabezan la actividad investigadora proporcionando, además, una gran cantidad de documentación técnica.



Portada del software para el diseño de firmes de Minnesota DOT

En este caso nos vamos a referir al DOT de Minnesota que dispone de una página web en la que facilita una gran cantidad de información técnica relativa a proyectos de I+D+i. Mediante el siguiente enlace se puede acceder a dicha información:

ttp://www.dot.state.mn.us/mnroad/projects/index.html

Entre las numerosas temáticas que han estudiado, puede destacarse el desarrollo de una herramienta informática propia para el diseño de firmes.

Otro buen ejemplo de la actividad innovadora es el desarrollo de la herramienta Pavecool que permite calcular el enfriamiento previsto de una mezcla bituminosa en función de diversas condiciones ambientales y de la obra. Este software está disponible en formato App para dispositivos móvi-







XV Jornada Nacional asefma 2020



Asphalt 4.0 for future mobility

INSCRIPCIONES

La inscripción debe formalizarse en:

asefma@asefma.com.es

tras haber realizado el ingreso en la Cuenta Corriente: Bankinter 0128 0013 29 0100041983

Inscripción on-line a través de: www.itafec.com



Síguenos en Twitter 🕥 #XVJornadaAsefma



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

Avda. General Perón, 26 28020 Madrid

www.asefma.es

T.: +34 911 293 660 F.: +34 911 293 566

E.: asefma@asefma.com.es

Observatorio del sector

Durante la celebración de la Asamblea General de Asefma en enero 2020 se realizó, como viene siendo habitual, una primera estimación sobre la evolución de la producción de mezclas bituminosas en España, a partir del dato de consumo de betún ofrecido por los suministradores en España para el año 2019. Asefma ha obtenido a partir de los consumos de betún para pavimentación, una primera estimación, que arroja un crecimiento del 16,5%, respecto a 2018. A partir de este dato, la primera estimación de la producción de mezclas bituminosas en España para el año 2019 es de 18,6 millones de toneladas. Este dato se podrá confirmar a mediados de año, con la estadística anual que publica Asefma.

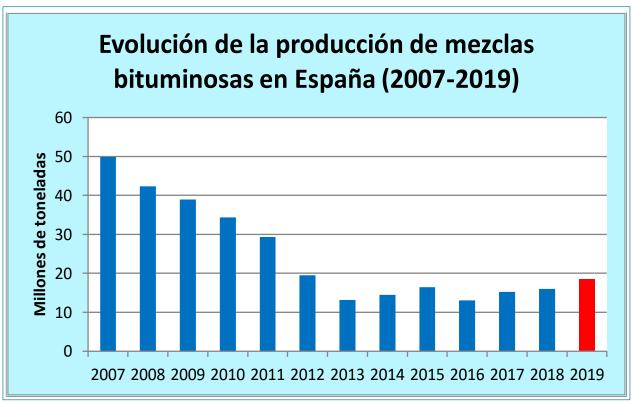


Figura 1. Datos obtenidos por encuesta, a excepción de 2019

Secciones fijas

Durante dicha Asamblea también se presentaron, y es la primera vez que se facilita dicha información, datos del consumo de polvo de neumáticos fuera de su vida útil (NFVU) para fabricar mezclas bituminosas durante el año 2019.

Los datos obtenidos son bastante llamativos, ya que en el año 2019 parece que el consumo de esta materia prima secundaria ha pasado a tener una relevancia alta, tras años de consumos muy comedidos. Según los datos ofrecidos por Asefma sobre las casi 1.500 toneladas de NFVU incorporados a las mezclas bituminosas durante el año 2019. Se reparten de la siguiente forma:

- Un 60% fue empleado para obtener betún mejorado (BC)
- Más de un 5% para obtener betún mejorado con caucho (BMC).
- Resulta significativo que un 23% del NFVU haya sido empleado por la llamada vía semi húmeda o dicho de otra manera, mediante un polvo de caucho pretratado.
- El resto se corresponde con la vía seca.

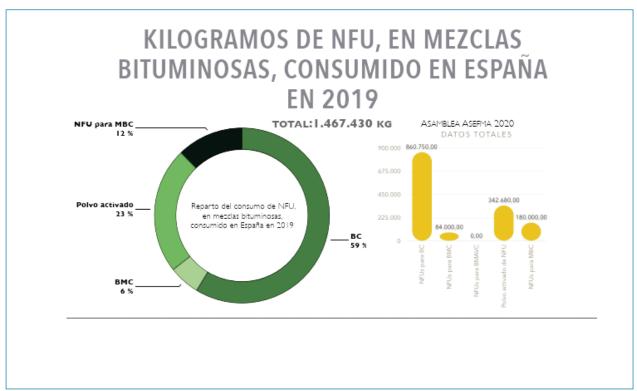


Figura 2. Consumo de polvo de NFVU desglosado por tipo de aplicación







LA MAYOR FERIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN AMÉRICA

CONEXPOCONAGG.COM

DEL 10 AL 14 DE MARZO DE 2020 | LAS VEGAS, EE. UU.



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