

Jornada técnica sobre

Lechadas bituminosas y microaglomerados en frío



De izquierda a derecha, Sres. Costa, Polimón y Güell.

Andrés Costa y Adolfo Güell,
Moderadores de la jornada.

El día 29 de octubre de 2009 se celebró en Madrid esta Jornada, organizada por la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) y la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA).

En los años sesenta del pasado siglo XX, se inició en España la aplicación de las lechadas bituminosas, bajo la denominación de *slurry seal*, como técnica superficial para la renovación superficial de pavimentos envejecidos.

Aquellos primeros tratamientos, aplicados sobre carreteras con firmes muy flexibles, tenían como única finalidad la impermeabilización del pavimento existente envejecido.

El desarrollo de la técnica, en cuanto a los materiales utilizados y a la maquinaria de fabricación y puesta en obra, ha permitido disponer de lecha-

das bituminosas que, además de seguir cumpliendo su objetivo inicial de impermeabilización, con unas prestaciones sensiblemente mejores, permiten mejorar la textura superficial y la resistencia al deslizamiento del pavimento sobre el que se aplica esta lechada.

La Jornada estuvo moderada por **D. Adolfo Güell**, Ingeniero Jefe de la Unidad de Carreteras del Estado de Orense, y **D. Andrés Costa**, Subdirector de Tecnología de la empresa Asfaltos y Construcciones Elsan S.A.

Una vez realizada la apertura y presentación de la jornada, se iniciaron las ponencias con la titulada: **“Panorámica de las lechadas y microaglomerados en frío en España. Norma Europea UNE-EN-12273”**, presentada por **D. Juan José Potti**, de ASEFMA.

En primer lugar, el Sr. Potti informó que nos encontramos en la fase de adaptación al Mercado CE de las

lechadas bituminosas y microaglomerados en frío, periodo de transición que termina el próximo día 1 de enero del año 2011.

A continuación explicó que la evolución técnica de este tipo de pavimentos en España nos permite hablar de dos familias distintas: **Lechadas bituminosas** (con la principal finalidad de la impermeabilización de firmes envejecidos) y **Microaglomerados en frío** (cuya finalidad principal es conseguir una elevada rugosidad y aumento de la resistencia al deslizamiento).

Los criterios de eficacia medio ambiental de las lechadas bituminosas fueron abordados a través del análisis de la eco-eficiencia, desarrollado por K. Takamura y presentado en el Congreso de ISSA 2001. En la “Huella medioambiental”, en el caso de las lechadas bituminosas, el resultado es muy bueno, pues presenta una HUELLA regular y de pequeña superficie, lo que significa que es una técnica

muy buena desde el punto de vista ecológico.

Las lechadas bituminosas, y especialmente los microaglomerados en frío, presentan una elevada resistencia al deslizamiento, una buena drenabilidad superficial y unas propiedades ópticas que permiten resaltar la señalización horizontal, lo que contribuye a la seguridad vial de los pavimentos con este tipo de tratamiento.

Por último, describió la nueva Normativa europea relativa a lechadas bituminosas, recogida en las normas UNE-EN 12273:2009 y en las 8 normas relativas a los ensayos de control de este producto, recogidas en la UNE-EN 12274, partes 1 a 8. Así mismo, recomendó la lectura de la Monografía nº 4 de ASEFMA, que recoge todo el proceso que hay que seguir para el Marcado CE de las lechadas bituminosas.

La siguiente ponencia **“Materiales: Áridos y emulsiones”** fue presentada por **D. Baltasar Rubio**, del **CEDEX**.

El objetivo de su intervención fue indicar y analizar las características que deben tener los componentes de las lechadas (áridos, emulsiones, aditivos, filleres reactivos, etc.).

El árido grueso (fracción superior a 2 mm) es el responsable de las características superficiales del tratamiento (resistencia al deslizamiento y rugosidad), por lo que debe ser duro, con buena forma, limpio y resistente al pulimento. A continuación, repasó las exigencias que se especifican en el Artículo 540 del vigente PG-3.

Respecto al árido fino (fracción inferior a 2 mm y superior a 0,063 mm) tiene una gran influencia en la adhesividad, velocidad de rotura de la emulsión y en la toma de cohesión de la lechada. Es muy importante controlar la actividad hidrofílica de los finos mediante el equivalente de arena y el índice de azul de metileno, así como limitando el contenido de la fracción que pasa por el tamiz de 0,063 mm. Cuanto menor es la actividad de los finos, menor cantidad de aditivo regulador de la rotura es necesario utilizar.

Respecto a la emulsión bituminosa, ha de tener una velocidad de ro-



D. Juan José Potti en un momento de su presentación.

tura lenta para producir una buena envuelta de los áridos, sin que se produzca la rotura, y estar exenta de fluidificantes, pues, al ser muy cerradas, es difícil la eliminación de los mismos por evaporación. Los tipos propuestos en el Artículo 540 del vigente PG-3 son las tipo ECL-2 y EAL-2, así como las modificadas con polímeros, que mejoran la susceptibilidad a la temperatura y la cohesión de las lechadas bituminosas, especialmente a corto plazo, muy importante para la rápida apertura al tráfico.

La incorporación del polímero puede hacerse por tres procedimientos que implican comportamientos diferentes en la lechada fabricada.

Cuando se emplean emulsiones de ligantes sintéticos, se pueden colorear las lechadas mediante los pigmentos adecuados, construyéndose pavimentos de color.

A continuación describió los aditivos que se suelen utilizar en las lechadas bituminosas. Hay dos aditivos de uso generalizado en el proceso de fabricación y puesta en obra de las lechadas bituminosas y microaglomerados en frío. En primer lugar están unos productos tensoactivos, de composición química compleja, que se incorporan, junto con el agua de preenvuelta, para facilitar el mezclado del árido y la emulsión, así como regular la velocidad de rotura de la misma. Su utilización y la dotación óptima vienen determinados por la naturaleza del

árido, por el contenido de finos, por la estabilidad de la emulsión (función del contenido de emulgente) y por la temperatura ambiente.

El otro aditivo que se utiliza habitualmente es el cemento o producto similar (cal hidratada, etc.), cuya finalidad fundamental es regular la rotura de la emulsión, aumentar la viscosidad de la lechada y mejorar su cohesión a corto plazo, disminuyendo el tiempo de su curado. El proceso se produce por la reacción del agua existente con este aditivo, desarrollando sus propiedades y eliminando rápidamente parte del agua que forma parte inicialmente de la lechada.

Otros aditivos que pueden utilizarse, de forma esporádica, y buscando desarrollar o mejorar alguna característica de la lechada, pueden ser: fibras, pigmentos para colorear, polvo de caucho, etc.

En resumen, en esta ponencia se describieron brevemente las características de los componentes de las lechadas bituminosas (áridos, emulsiones, aditivos, filleres reactivos, etc.) para, que una vez dosificados y aplicados en obra correctamente, se obtengan las características superficiales exigibles a las lechadas en sus diferentes aplicaciones.

En general, los pliegos de prescripciones técnicas, y, en particular, el artículo 540 del PG-3, relativo a las lechadas, establecen las propiedades que se deben exigir a los diferentes



De izquierda a derecha, Sr. Rubio, Sra. Gómez y Sres. Aguirre, Potti y Costa en un momento del debate posterior a sus intervenciones que ocuparon la primera parte de la jornada.

materiales básicos; pero, dadas las interacciones que se suceden entre áridos, emulsión, aditivo regulador de rotura y aditivo para mejorar cohesión a corto plazo en este tipo de mezclas bituminosas en frío, es necesario estudiar –con los materiales que se vayan a emplear en obra–, la influencia que cada uno de ellos tiene sobre la velocidad de rotura, la cohesión y la resistencia a la acción del agua mediante los ensayos adecuados, de forma que se pueda evaluar el futuro comportamiento de la lechada, una vez puesta en obra.

La siguiente ponencia **“Puesta en obra: Maquinaria, fabricación, extendido y compactación”**, de **D. Fernando Aguirre**, de CONELSAN, describió la maquinaria que se utiliza para la fabricación y puesta en obra de las lechadas bituminosas en carreteras y aeropuertos. En este último caso, además de la máquina de fabricación y extendido, se suelen utilizar las máquinas siguientes:

- Granalladora para la eliminación de caucho y/o pintura.
- Cisterna para riego de adherencia.
- Compactadores de neumáticos.
- Barredora aspiradora para la limpieza final.
- Equipo de pintura.

Las lechadas bituminosas han demostrado, desde hace más de 20 años, ser una técnica que puede aplicarse como solución de manteni-

miento y renovación superficial en las listas de cualquier aeropuerto, con excelentes resultados y un buen comportamiento incluso a corto plazo.

En el Anexo 14 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) se pide, para pistas nuevas, 1 mm de macrotextura y 0,72 de rozamiento; cuando se llega a 0,52 en el rozamiento y a 0,76 de macrotextura hay que analizar las causas y corregir mediante actuaciones; y, cuando se llega a valores menores de los especificados, hay que corregir de forma urgente: O se actúa o se cierra el aeropuerto.

Las actuaciones en pistas de vuelo en numerosos aeropuertos españoles (Madrid Barajas, Girona, Barcelona, Gran Canaria, Palma, Ibiza, Menorca, etc.) han sido posibles, en condiciones generalmente muy exigentes de ejecución –en horario nocturno y apertura al uso por las aeronaves por la mañana– gracias a una serie de características técnicas de los materiales y unos medios de aplicación y puesta en obra específicos. Estas condiciones especiales son las siguientes:

1. Se precisa una elevada cohesión en una hora.

Se utiliza una emulsión del tipo ECL-2d-m, con un tiempo de rotura inferior a 2 minutos, y que en un periodo de 30 a 40 minutos alcanza una cohesión tal que permite la utilización de un compactador de neumáticos

que acelera el curado de la lechada y permite tener una superficie capaz de soportar el impacto de un avión a 300km/h, sin sufrir daño importante.

2. Se precisa que esté adherida al soporte.

Previamente al extendido de la lechada, se realiza una limpieza enérgica (generalmente con granalla) en las zonas donde hay caucho y pintura existente, procediéndose a continuación al extendido de un riego de adherencia con una dotación aproximada de 300 gr/m². Este riego no se suele aplicar en el caso de las carreteras.

3. Que tenga un elevado rozamiento.

El árido utilizado debe tener un elevado CPA. Además, debe tener una buena adhesividad con el ligante, un equivalente de arena alto y su coeficiente de actividad (relación entre filler y equivalente de arena) debe ser bajo.

4. Que la capa tenga una macrotextura adecuada.

Se utiliza un árido, generalmente mezcla de dos fracciones 0/2 y 0/6, cuya curva granulométrica esté en el huso tipo LB-3, de manera que la textura medida por altura del círculo o mancha de grasa sea entre 1,2 y 1,3 mm.

5. Que no se desprendan áridos.

En los aeropuertos no existe un tráfico de vehículos, como en las carreteras, que elimine las escasas partí-

culas de árido desprendidas inicialmente. Por ello, es necesario utilizar una barredora aspiradora que los elimine inicialmente para evitar el riesgo de daño en el motor de un avión.

Con todo ello, se ha conseguido en España diseñar y aplicar unas lechadas bituminosas utilizables en tratamientos de renovación superficial de pavimentos en pistas de aeropuertos, incluso en unas condiciones excepcionales de aplicación y apertura al uso por los aviones.

El éxito reside en la utilización de unos materiales de alta calidad, un equipo de maquinaria adecuado y acorde con las actuaciones que se realizan en un aeropuerto (algo más completo que el utilizado habitualmente en las carreteras) y un equipo humano especializado y experto.

A continuación, el ponente describió los criterios de diseño y actuación que se siguen en las pistas de los aeropuertos, según el diagrama siguiente que se presenta más abajo.

La ponencia continuó con una serie de fotografías en las que se mostraron todas las operaciones que se realizan normalmente en la aplicación



La instantánea recoge uno de los debates en los que participaron activamente los asistentes.

■ En España, las lechadas bituminosas han supuesto un extraordinario avance en las labores de mantenimiento de pistas de vuelo de los aeropuertos.

■ En carreteras, el ponente opinó que no se aprovecha todo su potencial. Hay algunos contratistas que como norma emplean emulsiones fabricadas con ligantes modificados, que les permiten elevar los rendimientos, y las lechadas son de muy alta calidad.

■ Para operar en las pistas, el avión

pistas) y con textura gruesa y áspera.

■ Las capas de minúsculo espesor de una lechada bituminosa ofrecen ese tipo de textura, y aseguran una mayor duración del resto del pavimento. Aguantan las agresiones del agua a presión en las operaciones de limpieza de caucho y en las zonas contaminadas por las tomas.

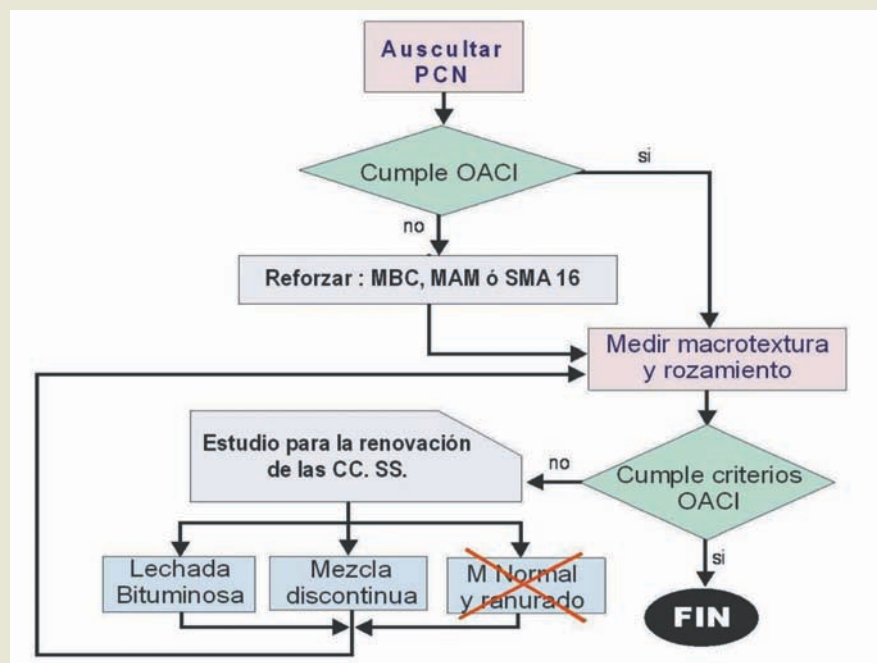
■ Por su alto rendimiento y bajo precio, se puede decir que se aprovecha muy bien la inversión y se dilatan los periodos entre actuaciones más laboriosas, así como en la problemática de la limitación de las operaciones en el aeropuerto y/o su cierre.

■ No se requiere la elevación de las luces aeronáuticas.

■ ¿Haría falta aplicar en carreteras algunas de las operaciones que se ejecutan en los aeropuertos con el empleo de lechadas bituminosas?

La siguiente ponencia **"Nuevo artículo 540 del PG-3"** fue presentada por **Dña. Mercedes Gómez**, del Ministerio de Fomento.

La revisión de este artículo del vigente PG-3 ha sido motivada, en primera instancia, por la aprobación de la normativa europea relativa a estos materiales, y la publicación, en el Diario Oficial de la Unión Europea, de la fecha de su entrada en vigor, que está fijada para el 1 de enero de 2011. Sin embargo, hay que aclarar que la adaptación a la normativa europea, no va a suponer un gran cambio en el artículo del Pliego de Prescripciones



de una lechada bituminosa en la pista de un aeropuerto.

Como resumen estableció los puntos siguientes:

precisa (según su peso) hasta 50 ó 60 cm de espesor de asfalto. El último mm del pavimento tiene que tener la mejor regularidad (IRI como en las auto-



De izquierda a derecha Sr. Aguirre, Sra. Gómez, Sr. Rubio y Sra. Miranda en el último de los coloquios.

Técnicas Generales para esta unidad de obra.

Lo primero que hay que destacar es que se le va a cambiar el nombre de lechadas bituminosas por *"Microaglomerados en frío"*, anticipando ya con el título que, dentro de las distintas familias de estos productos, se acentúa la importancia de las que tienen la función de rehabilitación superficial, para aportar una mejora de la macrotextura y de la resistencia al deslizamiento.

Con este objetivo, se resaltaron, como cambios principales, la adaptación de los estándares de calidad de los materiales, tanto en ligantes como en áridos, de manera análoga a como se ha hecho recientemente en los artículos de mezclas bituminosas en caliente, y la posibilidad de emplear compactación para aumentar la cohesión inicial en las aplicaciones correspondientes a las categorías de tráfico más altas.

En relación con las emulsiones bituminosas, se adelanta que se exigirá el empleo de emulsiones modificadas para las categorías de tráfico pesado más altas, hasta T2 incluida, y se suprimen las emulsiones aniónicas para su empleo en microaglomerados en frío.

Las emulsiones catiónicas tienen ya una norma europea, la UNE-EN 13808, que recoge las especificaciones relativas a estas emulsiones. En principio, las equivalencias de las emulsiones

existentes con las nuevas nomenclaturas pueden ser las siguientes:

- ECL-2d por C60B5, con betún asfáltico residual de penetración ≤ 100 (clase 3).

- ECL-2-m por C60BP5, con betún asfáltico residual de penetración ≤ 150 (clase 4).

- ECL-2d-m por C60BP5, con betún asfáltico residual de penetración ≤ 100 (clase 3).

Se recordó también que, según lo dispuesto en la Orden Circular 21/2007 de 11 de julio, sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU), para la fabricación de emulsiones bituminosas de reología modificada (Artículo 216 de este Pliego) a utilizar en cualquier tipo de técnica en frío, incluidos los microaglomerados en frío, se pueden utilizar tanto los betunes modificados con caucho, que cumplan las especificaciones establecidas en el artículo 215 del PG-3, como los betunes mejorados con caucho que cumplan las especificaciones de la tabla 1 de la citada Orden Circular.

Respecto a los áridos se va a seguir la misma línea que la de los artículos 542 y 543, revisados mediante la Orden Circular 24/2008.

No se permitirá el empleo de árido grueso, para la categoría de tráfico pesado T0, procedente de trituración

de gravas de yacimientos granulares, ni de canteras de naturaleza caliza. En los demás casos, se exigirá que el tamaño máximo de las partículas, antes de la trituración, sea como mínimo seis veces mayor que el tamaño máximo del árido final.

Se establecen algunas nuevas prescripciones respecto a la proporción de partículas totalmente redondeadas, y se mejoran las exigencias en cuanto a Índice de lajas, coeficiente de Los Ángeles y coeficiente de pulimento acelerado (CPA).

Se exigirá expresamente que, si se utiliza árido fino de distinta procedencia que el grueso, la fracción 0/2 no podrá tener un porcentaje retenido superior al 10% en el tamiz 2 mm.

En cuanto a los tipos de microaglomerados en frío, se van a proponer tres tipos, con tamaños máximo del árido de: 11 mm (similar a la LB-1 actual), de 8 mm (similar a la LB-2 actual) y 5 mm (material intermedio entre los actuales LB-3 y LB-4). Los criterios de diseño son los mismos, pero se realizan sustituyendo las actuales normas NLT por las nuevas normas europeas UNE-EN-12274.

En cuanto a la puesta en obra, la novedad más importante será la posibilidad de que, con los microaglomerados mas gruesos y para las categorías de tráfico pesado T0 y T1, se pueda exigir la compactación de la mezcla mediante el uso de compactadores de neumáticos. Se detallará la forma de realizar esta compactación para conseguir el curado más rápido y acortar el tiempo de apertura al tráfico.

Los criterios de aceptación y rechazo seguirán siendo los mismos. De igual manera que para las mezclas en caliente, se introducirá la posible bonificación económica para el caso en el que el árido grueso utilizado tuviera un valor del CPA superior, al menos, en cuatro puntos del valor mínimo especificado.

A continuación tuvo lugar la presentación de la última ponencia que llevaba por título: **"Control de calidad de las lechadas y microaglomerados en frío. Serie de normas UNE-**

EN-12274" que fue presentada por **Dña. Lucía Miranda**, de *Eiffage Infraestructuras*.

Dentro del proceso del marcado CE de las lechadas bituminosas, se han editado las nuevas normas UNE-EN-12274. Son 8 normas que sustituyen a las actuales NLT en el proceso de diseño de las lechadas bituminosas, y, además, para comprobar las características de la lechada o del microaglomerado en frío, una vez puestas en obra, y después de un periodo de servicio, evaluando los defectos según la UNE-EN-12274-8.

El proceso de Marcado CE de las lechadas se basa en la aplicación de un Control de Producción en Obra (CPF) y del desarrollo del denominado Ensayo Inicial de Tipo (TAIT).

Todas estas actividades deberán estar registradas y desarrolladas, siguiendo los requisitos de un sistema de gestión de la calidad como los que se describen en la norma UNE EN ISO 9001, siendo adaptada con los requerimientos de la norma UNE EN 12273.

A continuación describió cada una de las 8 normas que desarrollan la UNE-EN-12274 y que son las siguientes:

- UNE EN 12274-1: Toma de muestras para la extracción del ligante.
- UNE EN 12274-2: Determinación del contenido de ligante residual.
- UNE EN 12274-3: Consistencia.
- UNE EN 12274-4: Determinación de la cohesión de la mezcla.
- UNE EN 12274-5: Determinación del desgaste.
- UNE EN 12274-6: Velocidad de aplicación.
- UNE EN 12274-7: Ensayo de abrasión por agitación.
- UNE EN 12274-8: Evaluación visual de defectos.

Las normas, desde la UNE EN 12274-1 hasta la UNE EN 12274-5, corresponden a sus homólogas NLT; sin embargo, las normas UNE EN 12274-6, UNE EN 12274-7 y UNE EN 12274-8 corresponden a métodos de ensayo nuevos.

El control de calidad se determina sobre la mezcla una vez extendida,

evaluando su comportamiento tras ser sometida a la acción del tráfico y transcurrido un periodo de tiempo entre 11 y 13 meses desde su puesta en obra.

Las características que se deben evaluar se pueden dividir en dos grupos:

■ Aquellas que muestran la resistencia frente a las solicitaciones del tráfico mediante la evaluación de defectos.

■ Las referidas a aspectos relacionados con la seguridad y el confort.

Transcurrido un año desde el extendido de la lechada, se procede a evaluar los defectos existentes en un tramo representativo, cuya dimensión ha de ser, como mínimo, de 100 m de longitud para cada carril de la carretera.

En esta evaluación, se comparan los defectos detectados teniendo en cuenta las fotografías recogidas en la norma UNE EN 12274-8 y que corresponden a:

- Defecto de exudación, incrustación total y roderas.
- Delaminación.
- Desgaste y pérdida de lechada.
- Corrugación.
- Pérdida de gravilla.
- Resalto.
- Defectos pequeños repetitivos o grupos de defectos pequeños.
- Ranuras longitudinales.

Para el registro de estos datos, la norma UNE EN 12274-8 recoge un modelo de formato a seguir, en el que se especifica todos los datos necesarios para describir, de una manera lo más completa posible, tanto las características de la vía como los tipos y tamaño de cada uno de los defectos que se hayan observado.

El control de calidad del comportamiento de la mezcla frente a la seguridad y el confort se determina mediante la comprobación de:

- Las características de la superficie.
- Las características de los materiales.

Las características de la superficie se evalúan mediante la medida de la macrotextura y de la generación del

ruido, según la norma UNE EN 13036-1.

Por otro lado, se determina la calidad de los materiales que, para el caso de los áridos, corresponde a la resistencia al pulimento; y, para la emulsión, su comportamiento frente a la cohesión con el árido.

En definitiva, el proceso para el Marcado CE de las lechadas bituminosas o del microaglomerado en frío se desarrolla en las etapas siguientes:

- Evaluación del tramo donde se va a realizar el extendido de la lechada bituminosa o microaglomerado en frío.
- Diseño de la lechada bituminosa y microaglomerado en frío.
- Fabricación y extendido de la lechada bituminosa o microaglomerado en frío.
- Evaluación de defectos.
- Declaración de conformidad.

Tras la comprobación de todos los registros será el Organismo Notificado quien conceda la certificación de la sistemática de Marcado CE.

Este proceso se llevará a cabo para las diferentes familias que se definen de lechadas bituminosas.

Las conclusiones a las que llegan son las siguientes:

– En el proceso de Marcado CE de lechadas y microaglomerados en frío es importante y necesario la aplicación de una sistemática de control de calidad que evalúe las propiedades de los productos para asegurar su buen comportamiento, y, a su vez, poder definir y declarar sus características prestacionales.

– Los métodos de ensayo empleados para la evaluación de las características son semejantes a los que se han utilizado hasta el momento en España, con la excepción de la aplicación de una normativa que especifica cómo proceder para realizar la inspección y evaluación del comportamiento de la mezcla, transcurrido un periodo de tiempo de un año desde su aplicación en obra.

– El control de calidad de los productos requiere un esfuerzo en cuanto a la familiarización y adquisición de experiencia en la evaluación de los defectos que puedan presentar en la su-



Miembros de la Mesa Redonda sobre "Experiencias y campos de aplicación". De izquierda a derecha, Sres. Blanco (de pie), Fernández, Soto, Nebreda y Costa.

perficie de la vía, tras ser sometida a la acción del tráfico y tiempo.

– En cuanto al proceso de Marcado CE, es importante conocer qué es responsabilidad del fabricante y que uno de los aspectos fundamentales es la evaluación de los defectos, ya que es en ésta en la que se basa la declaración de las características de la lechada.

Finalmente, se desarrolló una **Mesa Redonda sobre experiencias y campos de aplicación**, con la participación de las siguientes personas:

– **D. José Manuel Blanco Segarra**, del *Ministerio de Fomento*.

– **D. Javier Nebreda Rodrigo**, de *ATEB*.

– **D. José Antonio Soto Sánchez**, de *CEPSA PROAS*.

– **D. José Antonio Fernández Sáinz**, de la *Junta de Castilla y León*.

– **D. Andrés Costa Hernández**, de *Asfaltos y Ctnes. ELSAN S.A.*

En ella, **D. José Manuel Blanco** hizo una presentación de la Mesa Redonda, desarrollando los campos de aplicación de las lechadas bituminosas y de los microaglomerados en frío, que, de forma general, son los siguientes:

– Impermeabilización de firmes envejecidos.

– Corrección de pavimentos deslizantes.

A continuación, describió algunas experiencias singulares en cuanto a las características del tratamiento apli-

cado o de la vía, o del problema que se resolvió.

Por último, se describieron las innovaciones técnicas que se han producido en los últimos años, o que están en fase de investigación y desarrollo. Entre otras podemos destacar las siguientes:

- Mezclas ricas en ligante: mediante la incorporación de fibras que presentan una buena resistencia a tracción y una mayor flexibilidad que las lechadas y los micros convencionales.

- Mezclas de granulometría discontinua: que permiten conseguir una textura más rugosa que la obtenida con el mismo tipo de tratamiento con la granulometría continua.

- Mezclas antihielo: mediante la adición de productos especiales que disminuyen sensiblemente la temperatura de formación del hielo y su adherencia (una vez formado, con la superficie del firme), resultando más sencilla su eliminación.

- Mezclas de color: con un buen comportamiento bajo la acción del tráfico.

- Mezclas de menor sonoridad: fabricadas con ligante modificado y con la incorporación de polvo de neumáticos fuera de uso (en desarrollo).

Finalmente, se produjo un amplio debate con algunas preguntas del público asistente sobre estos temas, dándose por clausurada la jornada, cuyas conclusiones se exponen a continuación.

Conclusiones

- La lechada bituminosa ha sido y es una técnica de renovación superficial de pavimentos, muy desarrollada y conocida en España, de excelente calidad y bajo coste, aplicable para resolver la mayoría de los problemas superficiales de cualquier pavimento.

- El desarrollo de la técnica de las lechadas bituminosas ha permitido, en los años ochenta del pasado siglo, poner a punto un nuevo producto denominado "microaglomerado en frío" que permite renovar superficialmente y mejorar la resistencia al deslizamiento del firme en cualquier carretera, pista de aeropuerto, viales urbanos y firmes de adoquín y de hormigón, con una relación calidad/ precio no alcanzado por ningún otro producto.

- La única limitación a su aplicación puede venir determinada por el tiempo de curado que limita su apertura al tráfico. Mediante la utilización de emulsiones de betún modificado y la compactación mecánica de la capa construida, junto a unas buenas condiciones climatológicas, se pueden conseguir aperturas al tráfico a los 30 minutos (incluso menos) de la puesta en obra.

- El adecuado diseño del tipo de tratamiento que hay que utilizar, la correcta y completa elección de los materiales componentes, la determinación de la *fórmula de trabajo*, la cuidadosa fabricación y puesta en obra

de la lechada bituminosa y del microaglomerado en frío, son determinantes para el éxito del tratamiento.

- La durabilidad del tratamiento superficial realizado con una lechada bituminosa, o con un microaglomerado en frío, depende directamente de la dotación de mezcla colocada y del contenido de ligante del mismo. Pequeñas variaciones a menos en el contenido de ligante (menor contenido del fijado en la *fórmula de trabajo*), pueden acortar de manera muy importante la vida útil del tratamiento.

- A partir del 1 de enero de 2011 será obligatorio el Mercado CE de las lechadas bituminosas y de los microaglomerados en frío. La normativa está recogida en las Normas UNE EN 12273 (Especificaciones) y 12274, Parte 1 a 8 (Métodos de ensayo).

- La implantación del Mercado CE de las lechadas y micros en frío consta de las cuatro fases siguientes:

- Definición de las distintas familias de productos.

- Definición y ejecución del Tramo de Ensayo Inicial de Tipo (TEIT).

- Desarrollo del Control de Producción durante la fabricación y puesta en obra de la mezcla.

- Evaluación de la conformidad mediante la evaluación del Tramo de Ensayo, según los criterios prescritos en la Norma UNE EN 12274-8.

- Mediante la utilización de fibras, emulsiones sintéticas pigmentables, aditivos que tienen características antihielo, polvo de caucho de NFU, etc., se pueden obtener distintos tipos de lechadas y de micros en frío, con unas características sensiblemente diferentes y mejores, que permiten su aplicación con éxito en la renovación superficial de algunos firmes en los que las lechadas bituminosas convencionales no pueden aplicarse con buenos resultados.

- Esta técnica se está aplicando con excelentes resultados en la renovación superficial del pavimentos en pistas de aeropuertos, gracias al nivel técnico alcanzado, a un estricto diseño de los materiales y de la *fórmula de trabajo*, a la utilización de una maquinaria seleccionada y personal es-



D. Adolfo Güell y D. Andrés Costa presentando las conclusiones de la jornada.

pecializado, y a unos medios mecánicos adicionales a los que se utilizan habitualmente en las carreteras. En concreto, la utilización de un compactador de neumáticos y de una barridora aspiradora.

- Para la adaptación de la normativa europea y del Mercado CE, se va a modificar el Artículo 540 del PG-3. Se enfoca este artículo para los tratamientos de rehabilitación superficial y mejora de la textura y resistencia al deslizamiento. Se cambia el nombre de lechada bituminosa por microaglomerado en frío.

- Se incrementa el nivel de exigencias para los materiales (árido y emulsión) que intervienen en el microaglomerado en frío. Se establece la posibilidad de exigir la compactación para las categorías de tráfico pesado T0 y T1, para aumentar la cohesión inicial, acortar el tiempo de curado y conseguir una apertura más rápida al tráfico.

- Desde el punto de vista del crecimiento sostenible, y desde la necesidad de encontrar sistemas y tecnologías de construcción amigables con el medio ambiente, la técnica de las lechadas bituminosas y los microaglomerados en frío, como tratamientos de renovación superficial de los pavimentos, presentan una eficacia elevada bajo los tres aspectos siguientes: **Técnica y económica, ecológica y social.**

- Es una tecnología de pavimentación, con una elevada eficacia técnica y económica, porque resuelve **técnicamente** muy bien sus objetivos de

impermeabilización del firme, renovación superficial y mejora de las características superficiales; y **económicamente** porque su precio unitario, por superficie pavimentada, es de los más bajos de las actuaciones posibles de renovación superficial, con una relación calidad/precio muy alta.

- También es una tecnología de pavimentación con una elevada eficacia **ecológica** porque, al tratarse de una técnica en frío, al compararla con la mayoría de las técnicas de pavimentación, especialmente todas aquellas que son en caliente, su consumo energético es muy bajo.

- Por último, las lechadas bituminosas y los microaglomerados en frío presentan una eficacia **Social** también muy alta porque, por sus características superficiales, con una elevada macrotextura positiva que consigue la mejor adherencia neumático-pavimento –especialmente con áridos de alta calidad– disminuyendo el riesgo de accidente de un vehículo cuando pierde parcialmente el control del mismo, o se ve obligado a realizar una maniobra brusca. En estos casos, cuanto mayor sea la adherencia del neumático con el pavimento, el riesgo de accidente será menor.

- En resumen, se trata de una técnica que, aplicada como tratamiento antideslizante en carreteras con problemas de accidentalidad (por bajo coeficiente de resistencia al deslizamiento), ha permitido salvar muchas vidas, al disminuir sensiblemente los accidentes. ■