

Reunión de los Comités Técnicos de la A.I.P.C.R.
Comité Firmes Flexibles
Situación actual de la tecnología en frío en España

Por J. Gordillo
Centro de Investigación E.S.M.

La tecnología de pavimentación en frío de carreteras adquiere cada vez un mayor interés, al emplear como ligante las emulsiones bituminosas, ligante no contaminante, que no necesita calorías para su empleo, y que merced al desarrollo de nuevos tipos de agentes tensoactivos y a la modificación de los betunes con polímeros, ha hecho posible la aparición en el mercado de toda una serie de emulsiones, fácilmente adaptables a los tipos y granulometrías de áridos, climatología, tráfico, empleándose en un gran abanico de aplicaciones, desde en forma de aglomerados abiertos flexibles en clásicos trabajos de conservación de carreteras secundarias, hasta su uso en capas de rodadura en forma de microaglomerados en frío en carreteras de tráfico importante, incluso en Autopistas.

En este campo de la tecnología en frío, España ocupa un puesto prominente, sobre todo en ciertas tecnologías.

Mercado

En este campo, y con una producción de 450.000 Tm. en el año 88, España ocupa, por volumen, el segundo lugar de Europa, tras Francia con ~950.000 Tm., y el tercer lugar en el mundo tras los E.E.U.U., líder con una producción de cerca de 4 millones de Tm.

La evolución del mercado de la emulsión en España en los últimos cinco años ha sido la siguiente:

Años	Consumo
84	400.000 Tm.
85	430.000 "
86	435.000 "
87	438.000 "
88	450.000 "

En cuanto a sus campos de aplicación, se pueden estimar así:

- 68% Tratamientos Superficiales.
- 20% Mezclas en Frío.
- 12% Lechadas Bituminosas y Microaglomerados en Frío.

Otro dato significativo de la importancia de la emulsión en España,



Vista aérea de la autopista Las Rozas-Villalba.

lo indica el que alrededor del 36% de la producción de betón para carreteras se destina a la fabricación de emulsiones, porcentaje superior al de Francia (~25%) y muy superior al de los Estados Unidos, que es alrededor del 10 - 15%.

El éxito del desarrollo de esta tecnología en frío es la consecuencia de una serie de factores, entre los que pueden encontrarse, además de las ya conocidas ventajas de economía y simplicidad de la maquinaria y equipos de puesta en obra en dos grandes líneas:

- * Por un lado, a los importantes avances conseguidos en relación con aditivos y emulgentes, que han permitido formular emulsiones y adaptarlas a un gran abanico de

unidades de obra, que van desde su empleo en los clásicos trabajos de conservación en carreteras secundarias, hasta su empleo en capas de rodadura en carreteras de tráfico importante y autopistas, y quizás, lo que a mi entender puede ser lo más importante, la estrecha colaboración existente entre el fabricante de emulsiones y el contratista, que se traduce en una fabricación de la emulsión no con fórmulas standards, sino adaptadas a las necesidades de la obra. El fabricante de emulsiones español no es un mero suministrador de un producto, que cumple una especificación. No, de manera general, el fabricante de emulsión, vive la obra con el contratista y modifica la formulación, haciendo "Emulsiones

“**E**spaña es el único país europeo que tiene normalizados dos tipos especiales de emulsiones: Unas muy estables y fluidificadas, especialmente diseñadas para sustituir a los cutbacks MCO en tratamientos de imprimación sobre bases granulares. Las otras emulsiones se denominan de reología modificada, similares a las denominadas en terminología anglosajona **HIGH FLOAT EMULSIONS**.”

a la medida”, lo que ha contribuido y contribuye a un mejor desarrollo de la tecnología.

Tipos

Por lo que se refiere a los tipos de emulsiones, España, como la mayor parte de los países europeos, tiene normalizadas las emulsiones catiónicas y aniónicas, clasificadas según su velocidad de rotura en emulsiones de rotura rápida, media y lenta, estableciendo dos márgenes de penetración en sus residuos, según tipo de tráfico a soportar, zona geográfica en la que se vaya a emplear, y estableciéndose dentro de cada tipo varias clases, en función del contenido en betún.

España es el único país europeo que tiene normalizados dos tipos especiales de emulsiones: Unas muy estables y fluidificadas, especialmente diseñadas para sustituir a los cut-backs MCO en tratamientos de imprimación sobre bases granulares. Las otras emulsiones se denominan de reología modificada, similares a las denominadas en terminología anglosajona **HIGH FLOAT EMULSIONS**, y se caracterizan por poseer un ligante residual de muy baja susceptibilidad térmica, modificación obtenida por la asociación de emulgentes especiales a adecuados procesos de fabricación. Se trata de emulsiones aniónicas de gran interés, especialmente en su asociación con áridos calizos, tan abundantes en nuestro país, para la obtención de mezclas abiertas en frío fundamentalmente.



Grava-Emulsión.

Otro tipo de emulsiones que, en nuestro país, se encuentran en un período de gran desarrollo, son las emulsiones de betún modificado, que puestas a punto inicialmente para ser empleadas en tratamientos superficiales en carreteras con cierta intensidad de tráfico, han visto crecer su campo de aplicación, empleándose hoy en día en la fabricación de mezclas abiertas en frío en capas delgadas y sobre todo en la fabricación de microaglomerados en frío, técnica en la que España posee una tecnología propia y avanzada, que desarrolla con éxito en diferentes países.

No existen hasta el momento especificaciones sobre este tipo de emulsiones, que respondan a formulaciones de empresa, tema en el que está trabajando el Comité de Materiales.

Aplicaciones

Por lo que respecta al campo de aplicación, tres son los que normalmente se emplean en España:

Por un lado, su aplicación en tratamientos superficiales bajo forma de riego con o sin gravillas, en la fabricación de lechadas bituminosas y microaglomerados en frío y en la de las mezclas en frío abiertas, densas o gravas-emulsión.

De ellos, son los dos últimos: mezclas en frío y lechadas, en los que España posee una tecnología propia y avanzada, como lo confirma el elevado número de empresas europeas y americanas que trabajan con licencias de empresas españolas, y que paso seguidamente a describir.



Tratamiento Superficial con Emulsión en Cantabria



Mezcla Abierta En Frío en Avila C.N.-110.

* Mezclas en frío

Por lo que respecta a las mezclas en frío, en el cuadro adjunto se recoge la evolución, en los últimos cinco años, del consumo de mezclas en frío.

Años	Mezclas abiertas	Mezclas densas y gravas-emulsión
84	1.400.000 Tm.	< 10.000 Tm.
85	1.750.000 "	
86	1.600.000 "	
87	1.350.000 "	10 - 20.000 Tm.
88	1.500.000 "	

Puede observarse, que en este tipo de mezclas son las abiertas las que se encuentran extraordinariamente extendidas, mientras que el empleo de densas y gravas-emulsión es casi nulo, aunque se atisba un crecimiento de estas últimas.

El éxito de las mezclas abiertas en frío, se debe a una serie de circunstancias, entre las que se encuentran: el ser mezclas de una gran simplicidad y economicidad en equipos de fabricación y puesta en obra, el poder jugar con su tiempo de almacenabilidad, el poder trabajar en cualquier época del año incluso con áridos húmedos, propiedades a las que debemos añadir las inherentes a este tipo de mezclas, como son:

Su inmediata apertura al tráfico, su excelente resistencia a la acción del agua, y sobre todo, su gran flexibilidad y resistencia a la fatiga, propiedad ésta muy importante, especialmente cuando

se coloca sobre carreteras secundarias con soportes insuficientes. A destacar el interés de la utilización, en estas mezclas, de dos nuevos tipos de emulsiones: Las de reología modificada, con las que se obtienen mezclas

abiertas de muy pequeña susceptibilidad térmica, y emulsiones catiónicas de betunes polímeros para dar mezclas abiertas de gran flexibilidad.

En lo referente a su normativa, se encuentra actualmente en revisión, pensando recoger en la misma aquellas mezclas con muy bajo contenido en mortero, las que denominamos mezclas abiertas sin finos.

Se está buscando un procedimiento para su caracterización mecánica, tema en el que nuestro Comité, trabajando de manera coordinada con el de Materiales, estudia, mediante ensayos interlaboratorios, ver la validez del Método Cantabro en el diseño de estas mezclas abiertas. Hasta el momento, recurrimos a métodos empíricos (C.K.E., Duriez...), seguidos de los clásicos procedimientos de observación: porcentaje de cubrición, escurrimiento, resistencia a la acción del agua, trabajabilidad...

“ **E**l éxito de las mezclas abiertas en frío, se debe a una serie de circunstancias, entre las que se encuentran: el ser mezclas de una gran simplicidad y economicidad en equipos de fabricación y puesta en obra, el poder jugar con su tiempo de almacenabilidad, el poder trabajar en cualquier época del año incluso con áridos húmedos. ”

En cuanto a su campo de aplicación, en España se emplean ampliamente en:

- Capas de regularización y reperfilado para la restitución de la geometría en carreteras de baja circulación.
- Operaciones de bacheo.
- Capas de rodadura en carreteras secundarias, en las que se prevean deflexiones.
- Como tratamiento superficial en capa delgada, en sustitución de los riegos con gravilla, aportando a la vez un cierto refuerzo estructural.
- En forma de macadam asfáltico, en sustitución de los macadam por penetración.

* Lechadas y microaglomerados en frío

Por lo que se refiere a las lechadas, podemos decir que España es un país en el que esta tecnología ha experimentado un enorme desarrollo, habiendo pasado, desde su introducción a inicios de los años 60, como técnica para hacer frente a problemas de estanqueidad en carreteras secundarias, a ser empleadas hoy en día, incluso en carreteras de tráfico importante, como solución frente al deslizamiento o al problema de renovación superficial. Fiel reflejo de este desarrollo, lo demuestra el hecho de que productos pertenecientes a empresas españolas, están siendo desarrollados por empresas europeas y americanas.

A mi juicio, entre los principales factores que han contribuido a este desarrollo en nuestro país, se encuentran:

- El empleo de emulsiones de ligantes modificados, ha permitido utilizar ligantes de muy baja susceptibilidad térmica y elevada cohesión, capaces de resistir muy elevada intensidad de tráfico, sin problemas de inestabilidad mecánica, incluso con dotaciones elevadas en una o varias capas.
- La puesta a punto de nuevos tipos de emulgentes y aditivos, que ha permitido fabricar emulsiones catiónicas de rotura controlada, de gran importancia en donde se requiere apertura rápida al tráfico.
- Al aumento de los tamaños de árido. El empleo común de áridos de 10-12 mm ha permitido obtener mezclas con textura muy rugosa, idóneas para mejorar la resistencia al deslizamiento, incluso en carreteras de velocidad elevada.
- A la integración total del fabricante de emulsiones en esta técnica, modificando y adaptando la formulación de las emulsiones al tipo y granulometría del árido.

En el gráfico (1) adjunto podemos ver la importancia del empleo de lechadas bituminosas en España en los últimos 5 años.

Como podemos ver, el consumo crece de año en año, apreciándose un aumento en el consumo medio por metro cuadrado, que pasó de unos 9 kg/m² en el año 84, a unos 12 kg/m² en el 88, consecuencia de emplearse últimamente granulometrías más gruesas, que exigen mayores dotaciones y que son necesarias para hacer frente al problema del deslizamiento.

Se aprecia igualmente un aumento notable de los microaglomerados en frío sobre las lechadas convencionales.

Año	Lechada normal	Micro en frío
84	90%	10%
88	70 - 75%	30 - 35%

En lo referente a los aspectos técnicos y normativa, podemos decir que recientemente ha sido revisado y actualizado el artículo 540 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carretera, en el que se recoge esta unidad de obra, siendo quizás la Normativa existente más completa sobre lechadas.

Se han rebajado a 4 los tipos de lechadas existentes, con curvas granulométricas que van desde los 12,5 mm de tamaño máximo y un máximo de 8% de filler para el tipo LB1, a los tamaños máximos de 5 mm y 20% de filler para el tipo LB4. Se definen las características a cumplir por los áridos, estableciendo valores máximos en lo

que respecta a la dureza y valores mínimos del coeficiente de resistencia al pulido, en función del tipo de tráfico a soportar, como se recoge en los cuadros adjuntos. (2 y 3).

Se han definido procedimientos y

criterios de dosificación de lechadas, estableciendo unas pérdidas a la abrasión máximas, en función del tipo y categoría del tráfico, como se ve en el cuadro (4) adjunto, estableciéndose igualmente. Características mínimas

1)	Tm.	M ²	Kg/m ²
84	60.000	6,5 millones	9 kg/m ²
85	132.000	13,0 "	
86	140.000	11,7 "	
87	145.000	12,0 "	
88	255.000	20,0 "	12 kg/m ²

2)	LB-1	LB-2	LB-3	LB-4
Tamaño máximo mm.	12,5	10	6,3	5
% pasa 2,5 mm.	40-60	45-70	65-90	80-95
% pasa 0,08 mm.	4-8	5-10	7-15	12-20
Equivalente de Arena	35 (E. Aniónicas)		50 (E. Catiónicas)	
Índice Azul de Metileno			< 1	
Índice de Lajas			< 30	

Características de los áridos para lechadas.

3) Tráfico	Dureza Desgaste Los Angeles	Coeficiente Pulido Acelerado
T ₀ - T ₁	< 20	> 50
T ₂	< 25	> 50
T ₃	< 25	> 45
T ₄	< 30	> 45

Calidades de los áridos para lechadas.

4) Tráfico	T ₀ - T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Pérdidas a la Abrasión gr/m ²	< 500	< 575	< 650	< 800

Criterios de diseño lechadas.



Microaglomerado en Frío en la autopista A-2



Tratamiento Superficial con Emulsión.

que cada tipo de lechada debe cumplir en función del tráfico a soportar, en cuanto a la textura superficial medida con el Círculo de Arena y Coeficiente de Rozamiento mediante péndulo TRRL. (5)

En lo referente a las técnicas de aplicación, en España se emplean tanto los mono como los bicapa, siendo el más extendido en carreteras no importantes el monocapa, con dotaciones de alrededor de 10 kg/m², con áridos de tamaño máximo 6 - 8 mm.

Se está extendiendo cada vez más el tratamiento bicapa inverso, empleando en primera capa, lechadas LB-3 ó LB-4, con tamaño máximo de 6 mm y dotación de alrededor de los 6 kg/m², y cuya misión es no sólo la de impermeabilizar el soporte, sino también, favorecer el anclaje mecánico de la segunda capa más gruesa, y en la capa superior de 8 - 10 e incluso 12 mm,



Microaglomerado en Frío en C/Serrano, Madrid

lechadas LB-2 ó LB-1, del orden de los 10 - 12 kg/m². (6).

Por lo que se refiere a su campo de aplicación, podemos decir que el 50% de las lechadas actuales van encaminadas a trabajos de renovación superficial y sellado de carreteras, con problemas de estanqueidad, fisuras superficiales,

problemas de envejecimiento, fundamentalmente en carreteras secundarias; el otro 50% se emplea en la corrección de defectos de adherencia, utilizándose en autopistas y carreteras de elevada intensidad de tráfico, hasta un 30 - 35% de las lechadas, generalmente bajo forma de microaglomerados.

Estos microaglomerados se emplean también en otros tipos de aplicación, como:

- En sustitución de los micros en caliente en vías urbanas o en renovación superficial de pavimentos de adoquín en dos capas.
- En operaciones de repavimentado de roderas, siempre que no exista fluencia lateral por mal comportamiento a la deformación plástica.

Por lo que se refiere a las características superficiales, la campaña que el Centro de Carreteras está realizando en diferentes carreteras españolas, está demostrando, la utilidad de estos tratamientos como sistema de lucha frente al problema de la corrección del deslizamiento.

Sirva de ejemplo los valores medios encontrados en carreteras nacionales con granulometrías 0/6 mm y en autopistas con microaglomerados en frío 0/8 mm, así como su evolución después de 3 años de aplicados, pudiendo apreciar su buen comportamiento. (7 y 8).

5) Tipo	LB-1	LB-2	LB-3	LB-4
Macrotextura				
Círculo de Arena mín.	1,1	0,9	0,7	0,5
Coeficiente				
Resistencia al Deslizamiento TRRL mín.	0,65	0,65	0,60	0,55
6) Tipo	LB-1	LB-2	LB-3	LB-4
Dotación kg/m ²	14 - 18	11 - 14	8 - 11	5 - 8
Capa	Única o Doble		Cualquiera	1ª Capa
% Betón residual/árido	5 - 7	6 - 10	7 - 11	8 - 13
Campo aplicación	T ₁ - T ₂		T ₂ - T ₁ - T ₂ 1ª Capa	Arcones 1ª Capa
7)	1 año		3 años	
Macrotextura con C. Arena	0,80		0,65	
Coef. Resist. al Deslizamiento TRRL	0,76		0,70	
C.R. Transversal con SCRIM	0,70-0,80		0,60-0,65	
Lechadas tipo LB-3 0/6 mm.				
8)	1 año		3 años	
Macrotextura con C. Arena	1,25		1,15	
Coef. Resist. al Deslizamiento TRRL	0,82		0,73	
C.R. Transversal con SCRIM	0,75-0,82		0,66-0,72	
Microaglomerado 0/8 mm.				