

Reciclado de pavimentos

(Segunda parte)*

POR AURELIO RUIZ RUBIO
INGENIERO DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



Equipo de reciclado.

1. Introducción

El reciclado *in situ* comenzó a aplicarse en España a comienzos de los años ochenta, con la excepción de la técnica de retratamiento de capas granulares con emulsión, que tuvo aplicaciones anteriores. Se trataba en estos años de reciclados en caliente, los cuales presentaban numerosos inconvenientes que llevaron a que se abandonara la técnica en nuestro país hasta el año 1991, en que comenzaron de nuevo los reciclados *in situ*; pero con procedimientos en frío, bien con cemento, bien con emulsión.

La primera obra de reciclado *in situ* con emulsión se realizó en el año 1990 en la provincia de Huesca, afectando a 1 km de calzada, como tramo de prueba para un tratamiento posterior de 43 km. En ella, se demostraron las posibilidades de la técnica, y se vieron los rendimientos y economías de este tratamiento.

La primera obra de reciclado *in situ* con cemento se comenzó a finales del año 1991, en la provincia de Huelva, con una longitud de tratamiento de 13 km. Entre los años 1994 y 1995 se realizó otra obra importante, de 75 km de longitud, en la N-630 en Cáceres, la mitad con cemento

y la otra mitad con emulsión. En la actualidad se han reciclado unos $2,4 \times 10^6$ m² con emulsión y unos $0,8 \times 10^6$ m² con cemento.

En lo que sigue, se realiza una introducción a la técnica del reciclado *in situ* con emulsión o con cemento, pasando revista a su campo de aplicación, ventajas e inconvenientes.

2. Proyecto de obras de reciclado "in situ"

2.1.-Selección de tramos

Se puede considerar su aplicación como tratamiento previo

* La primera parte se publicó en el número anterior de RUTAS.

Hasta ahora no se ha demostrado la validez de la teoría del rejuvenecedor; aunque, no obstante, la mayor parte de las emulsiones para reciclado lo incorporan

en una operación de refuerzo, sustituyendo a un fresado y reposición de capas de firme o como un tratamiento principal de refuerzo en el caso de los reciclados con cemento. Se han aplicado algunos reciclados con emulsión como tratamientos antirreflexión de fisuras. En resumen, pueden aplicarse en las siguientes situaciones de deterioro:

- Firmes agrietados por fatiga.
- Firmes con superficies no agrietadas, pero heterogéneas o deformadas, sobre las que no sea conveniente la aplicación directa de nuevas capas (superficies con numerosos bacheos, bacheos o saneos, o heterogéneas transversalmente, o casos evidentes de despegue de capas).
- Firmes básicamente granulares, con espesor escaso de materiales bituminosos, en los que se quiera estabilizar el material granular existente, para aumentar su capacidad de soporte o para disminuir la susceptibilidad al agua.

Por otro lado, debe estudiarse detenidamente la presencia de mezclas drenantes o abiertas, macadam o macadam por penetración, o capas sucesivas de lechadas, que pueden llevar a esqueletos minerales inadecuados y exigen, en general, la aportación de áridos nuevos o extender el reciclado a las capas inferiores, si son de granulometría más continua o de mayor esqueleto mineral, de manera que en conjunto la granulometría sea adecuada.

2.2.-Reconocimiento de la carretera

La caracterización del firme existente es más importante, si cabe, en el reciclado de firmes que en cualquier otra obra de rehabilitación. El tipo y espesor de las distintas capas, las características de los materiales y su humedad *in situ*, la posible contaminación de las capas granulares con arcillas, la presencia de bordillos u obras de fábrica dentro de la zona, o de posibles ensanches, son factores esenciales para determinar la posibilidad del reciclado, organizar el tratamiento, prever rendimientos, determinar las dotaciones de emulsión o cemento y de agua de mezcla, y la necesidad o no de una corrección granulométrica. Para ello, debe llevarse a cabo una campaña exhaustiva de inspección visual, medida de deflexiones y de toma de muestras (por ejemplo, 2 testigos por perfil y un perfil cada 500/1 000 m en tramos homogéneos, así como catas en zonas representativas), complementada con el análisis de datos de la historia del tramo que permita una completa caracterización, longitudinal y transversal del firme existente.

En función de los datos anteriores, se realiza una tramificación de la zona, señalando las zonas que se van a reciclar. Es conveniente dejar sin tratar las zonas no deterioradas, si tienen una longitud suficiente (250 a 500 m). Por otro lado, no deben seleccionarse

para el reciclado tramos de muy corta longitud (<250 m).

2.3.- Dosificación

La dosificación se realiza con materiales procedentes del fresado de las zonas homogéneas. Los fresados se realizan, en general, con fresadoras convencionales, por la dificultad de emplear la propia maquinaria de reciclado. La primera dosificación debe, por tanto, corregirse posteriormente con los resultados del tramo de prueba.

Los criterios de dosificación dependen del tipo de reciclado.

Reciclado con emulsión

En la dosificación del material reciclado hay que distinguir entre los tratamientos que afectan únicamente o fundamentalmente a capas bituminosas (>75% de espesor de mezclas bituminosas), definidos como tipo I; y los que se realizan sobre capas granulares con recubrimientos bituminosos de poco espesor, definidos como tipo II. La diferencia principal es que en el segundo caso es necesario más betún residual, y la capacidad de soporte alcanzada es menor.

El primer paso es el análisis de la granulometría del material fresado, sin extracción del betún. Si la granulometría presenta discontinuidades importantes o falta de áridos gruesos, hay que estudiar la manera de aportar esqueleto mineral al conjunto, mediante nuevos áridos, profundización del reciclado o modificaciones en las características del fresado (mayor

Categoría de tráfico	Valores mínimos de resistencias a compresión según Norma NLT-162	
	a/b/c donde: a=resistencia en seco (MPa); b= resistencia después de inmersión (Mpa); c=resistencia conservada (%)	
	Tipo I	Tipo II
T0, T1 y T2	3/2,5/75	1,8/1,5/75
T3	2,5/2/60	1,2/1/60
T4 y arcenes	2/1,5/50	0,9/0,7/50

Nota: Probetas curadas en estufa a 50°C hasta peso constante

Tabla 1.-Resistencias en Inmersión-compresión para materiales reciclados con emulsión



Reciclado con cemento en Huelva.

o menor velocidad de rotación del tambor, o mayor o menor velocidad de avance del equipo).

El paso siguiente es la determinación del contenido óptimo de fluidos para la compactación, que usualmente se realiza mediante el ensayo Proctor Modificado, teniendo en cuenta la humedad natural del material. El contenido de agua resultante es en general superior al necesario para la prehumectación.

En los reciclados de capas bituminosas, la elección del tipo y dotación de emulsión puede seguir dos teorías. En la primera, se considera el material fresado únicamente como un árido, sin dar valor al betún de la mezcla antigua. Se utilizan en este caso emulsiones convencionales, generalmente tipo ECL-2. En la segunda, se considera que el betún que se encuentra entre las partículas fresadas es recuperable, y que debe añadirse un rejuvenecedor que rehabilite el betún envejecido, en cuyo caso se utilizan

emulsiones con residuos más blandos (penetraciones próximas a 300) y rejuvenecedores. Hasta ahora no se ha demostrado la validez de la teoría del rejuvenecedor; aunque, no obstante, la mayor parte de las emulsiones para reciclado lo incorporan.

El contenido de betún residual aportado en el reciclado debe situarse en el entorno del 1-2% en el reciclado de capas fundamentalmente bituminosas, y entre el 2,5 y el 3,5% en el reciclado de capas fundamentalmente granulares. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que unos contenidos excesivos de ligante pueden producir exudaciones en el material. El porcentaje de betún que se debe incorporar es función del contenido de betún y del porcentaje de finos en el material fresado; y se determina mediante el ensayo de inmersión-compresión. En general, se parte de la relación agua de preenvuelta + agua de la emulsión = contenido de fluidos óptimo en el ensayo

Proctor; pero en el ensayo de inmersión-compresión conviene realizar pruebas complementarias, variando ligeramente el agua de preenvuelta y el contenido de emulsión, para el ajuste final de la fórmula de trabajo. Las dosificaciones deben acabar de definirse en el tramo de prueba; y ajustarse, si es necesario, durante la ejecución de la obra, especialmente si se producen exudaciones (reduciendo el contenido de emulsión), arranques (aumentando el contenido de emulsión) o de la densidad alcanzada no es la adecuada (reduciendo el contenido de agua). Se presentan, en la *tabla 1*, los criterios provisionales establecidos por el CEDEX, de acuerdo con los Directores de obras de reciclado en las carreteras del Estado (Huesca, Badajoz y Huelva).

Si no se alcanzan los valores señalados, puede actuarse aumentando el contenido de emulsión, disminuyendo el contenido de agua, añadiendo pequeños

porcentajes de cal o de cemento (especialmente con materiales plásticos), o aportando áridos nuevos. La adición de cal o cemento puede ser también conveniente, si se quiere acelerar (épocas frías) o facilitar (reciclados profundos) el proceso de curado del material.

Los criterios de rotura pueden complementarse con otros sobre módulos dinámicos, medidos según la Norma NLT-349, con una frecuencia de 10 Hz y a 20°C:

- Materiales estabilizados con emulsión: $E \geq 2\,500$ MPa (después de 7 días en estufa a 50°C).
- Materiales reciclados con cemento: $5\,000$ MPa $\leq E \leq 15\,000$ MPa (a los 28 días).

Reciclado con cemento

En el reciclado con cemento suelen seguirse los criterios señalados para el material suelo-cemento. La determinación del contenido de agua de compactación se realiza también mediante el ensayo Proctor Modificado, teniendo de nuevo en cuenta la humedad natural del material. Se suelen utilizar cementos de baja resistencia y preferentemente del tipo II. El contenido mínimo de cemento, para conseguir un reparto homogéneo, es del orden del 3%; aunque hasta ahora la tendencia ha sido la de utilizar el 5%. Debe tenerse en cuenta que, cuando se reciclan materiales granulados, se necesita en general menos cemento para conseguir las resistencias requeridas que cuando se reciclan materiales bituminosos. Por otro lado, debe estudiarse la existencia de posibles elementos perturbadores del fraguado y la plasticidad del material. Con materiales plásticos puede ser necesario o conveniente recurrir a reciclados mixtos de cal y cemento. Se recomienda dosificar los materiales de manera que se consigan las resistencias señaladas en la tabla 2.

Se está redactando actualmente una norma de ensayo para incluir también el índice de resistencia conservada tras inmersión.

Si las resistencias mínimas no se alcanzan, se debe aumentar la dotación de cemento, disminuir el agua, aumentar la categoría re-

sistente del cemento o aportar árido nuevo. Si se sobrepasan las máximas, se reducirá el contenido de cemento sin bajar del mínimo señalado o se reducirá la categoría resistente del cemento utilizado.

2.4.-Espesores de reciclado

El reciclado puede dirigirse a una o varias capas del firme antiguo. En materiales tratados con betún o con cemento, es conveniente reciclar capas enteras y penetrar uno o dos centímetros en la capa inferior, con el objeto de no dejar cuñas delgadas de material deteriorado con posibles movimientos. En cualquier caso, en el estado actual de la técnica no es conveniente, en los reciclados con emulsión, pasar del límite de 15 cm; ya que mayores espesores dificultan enormemente la eliminación del agua e impiden la ganancia de cohesión del material. Incluso con espesores entre 12 y 15 cm es conveniente utilizar un pequeño porcentaje de cal o cemento para acelerar el proceso de curado. Cuando menor es el espesor, más rápidamente adquiere cohesión. Evidentemente, intervienen otros factores como la temperatura del pavimento, que se trate de zonas soleadas o en umbrías, la facilidad de drenaje del agua, el tráfico que circula por la capa en el período de curado (el paso de vehículos ayuda a la eliminación del agua). Mediante la experiencia se ha visto que, en espesores de hasta 12 cm, el endurecimiento del material se produce en un período de tiempo razonable. En algunos países, llegan a mayores espesores de tratamiento, a base de emulsiones especialmente diseñadas para la aplicación y de unos sistemas de compactación específicos para grandes espesores de tratamiento, pero en España todas las pruebas realizadas hasta ahora señalan la con-



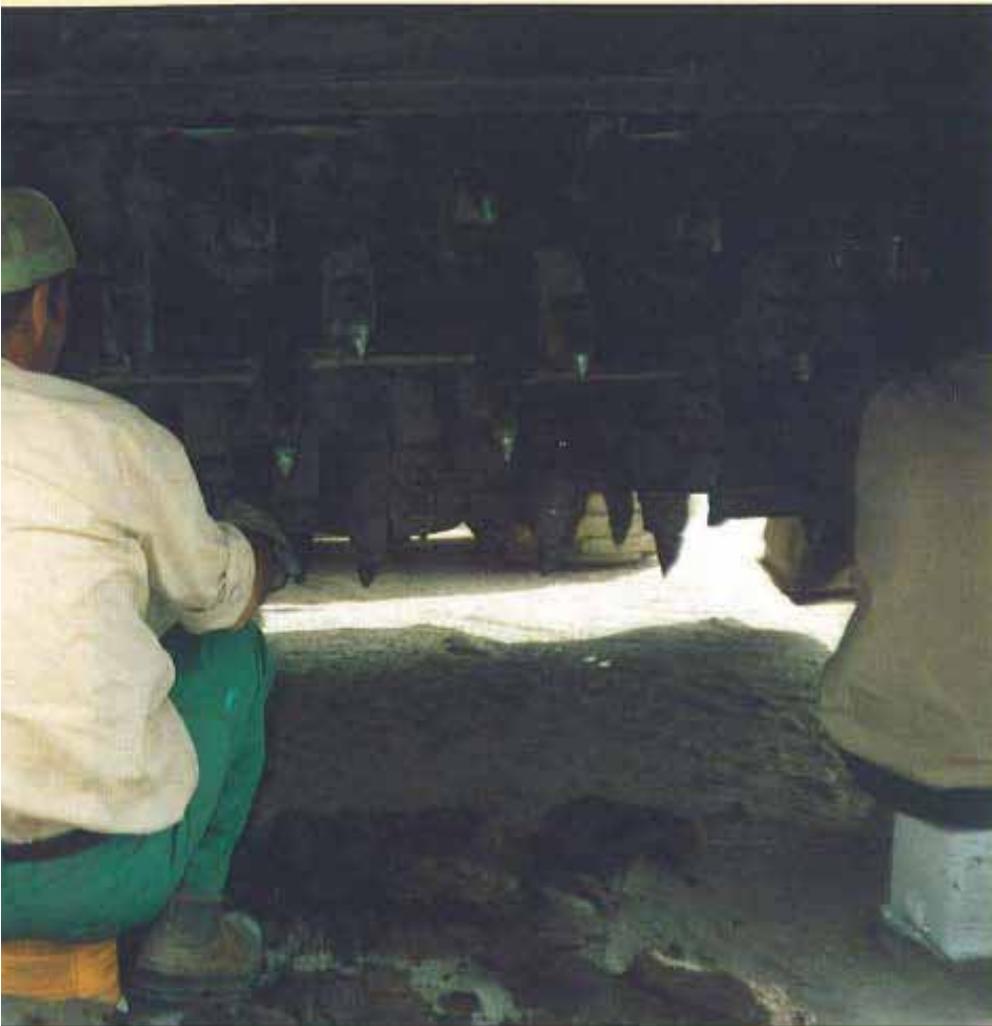
Cambio de picas en el tambor fresador.

veniencia de limitar la aplicación a los espesores señalados.

Por otro lado, no es conveniente reciclar espesores inferiores a 6 cm, ya que el material reciclado en capa delgada es muy difícil de compactar, dados los tamaños mínimos de los fragmentos de los materiales fresados; y, además, en la operación de reciclado con espesores menores se producen arrastres y heterogeneidades. En cualquier caso, el espesor mínimo no debe ser tampoco inferior al espesor de la primera capa, para evitar que queden pequeñas porciones de ca-

Resistencia media a compresión a siete días (MPa) mín./máx.	
CALZADA	ARCÉN
2,5/4,5	2/4

Tabla 2.- Resistencias a compresión para materiales reciclados con cemento



pa entre lo reciclado y el firme antiguo, como ya se ha señalado.

En el caso de reciclados con cemento, los espesores mínimos recomendables son del orden de 18 cm, para evitar la fragilidad de las capas de materiales rígidos extendidos en pequeños espesores. Por limitaciones de los equipos de reciclado y compactación, el espesor máximo por tongada es de 35 cm.

2.5.- Dimensionamiento del refuerzo

Hasta ahora se han empleado dos criterios para la determinación de los espesores de las soluciones de rehabilitación, empleando la técnica del reciclado con emulsión.

- Uno es el de que el reciclado sólo tiene como función constituir un soporte estable y homogéneo, sin que aporte nada estructuralmente. Las capas de mezcla nueva que se colocan so-

bre el material reciclado son las correspondientes a las deflexiones medidas en la carretera que se rehabilita, sin que se considere la aportación de capacidad portante del nuevo material, que se considera análoga a la del material que se encontraba en la carretera.

- El otro criterio consiste en dimensionar el firme analíticamente, considerando la aportación del material reciclado y reduciendo, por tanto, el espesor del refuerzo con mezcla nueva que se deduce de las deflexiones. En general, un espesor h de capa reciclada corresponde a un espesor $0,5 h - 0,75 h$ de mezcla nueva, dependiendo la equivalencia de las condiciones particulares de cada tramo. Un valor frecuentemente utilizado es el de 0,7.

En el caso de reciclados con cemento, es usual asimilar el material a un suelocemento y aplicar los criterios de la instrucción

6.1 y 2-IC para firmes nuevos. En otro caso, debe recurrirse al dimensionamiento analítico.

3.- Construcción

Las operaciones básicas del reciclado son:

3.1.-Fresado en frío del material por tratar

Se necesitan equipos especiales que fresen y mezclen el material. Actualmente, existen en el mercado equipos muy potentes que permiten fresar espesores considerables en una sola pasada, algunos hasta 35 cm, y que son utilizables tanto para la técnica de estabilización con emulsión como con cemento. Pueden tratarse carriles independientes o calzadas completas. Los equipos suelen tener una anchura de trabajo de 2 m, con lo que se necesitan dos unidades trabajando en paralelo para el fresado de cada carril, o dos pasadas de una única unidad (en este caso, la regularidad suele ser peor que en el primer caso). En el reciclado de capas granulares, los equipos pueden ser mucho más sencillos (rotavator).

La función de los equipos de reciclado es fresar y disgregar el material, mezclándolo homogéneamente con la emulsión o el cemento (y, eventualmente con áridos, para modificar la granulometría) y con el agua proporcionada por el camión cisterna. En el fresado, se obtiene un material granular de tamaño máximo en el entorno de 20 mm, y con un contenido de polvo mineral entre el 2% y el 10% (aunque este porcentaje puede variar mucho según la composición del firme). En España, se han utilizado hasta ahora cinco equipos distintos (COLAS, ARC, Wirtgen 2 100 y 2 500 y Caterpillar).

3.2.-Mezcla con agua y emulsión o cemento

El agua se suministra al equipo de extensión mediante una cisterna. Los propios equipos disponen de unos depósitos que les confieren una cierta autonomía.

La emulsión se suministra análogamente mediante unos camiones cisterna.

**En época calurosa
puede dejarse
el material sin cubrir,
ya que el riesgo
de pequeños
arranques superficiales
se compensa
por la rapidez
de curado
de la emulsión**

La dosificación prevista de cemento se extiende sobre la superficie que se va a tratar, inmediatamente antes de la operación de reciclado del firme. La operación se realiza mediante un camión repartidor provisto de un dosificador de cemento. En algunos equipos, este mismo camión va provisto de una cisterna de agua que abastece al equipo fresador; en otros, es necesaria una cisterna adicional. Existen también en el mercado cisternas para aportar el cemento y el agua conjuntamente en forma de lechada, eliminando las molestias debidas a la acción del viento sobre el cemento extendido, y mejorando la homogeneidad de la dotación.

Pueden aportarse áridos para mejorar la granulometría del material envejecido. Estas aportaciones se suelen situar entre el 10% y el 30% del material final.

3.3.-Extensión y compactación del material resultante

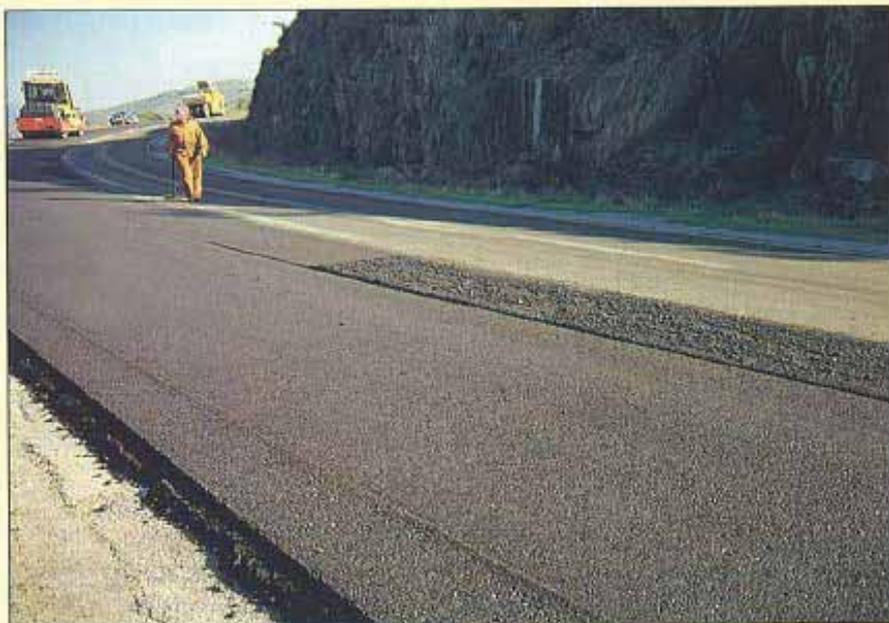
Algunos equipos de reciclado realizan por sí mismos la extensión. Otros depositan el material mezclado en un caballón, que se manda a una extendidora convencional o se extiende con motoniveladora. Algunos equipos colocan el riego de adherencia; otros no tienen esa posibilidad, colocando el material sin riego alguno. Cuando se utiliza un único equipo de reciclado trabajando en dos pasadas por carril, la regularidad final puede ser deficiente.

Se necesita un equipo de compactación potente, para limitar al máximo el esponjamiento final (densidades de la mezcla bituminosa antigua de $2,4 \text{ t/m}^3$ y del material reciclado de $2,2 \text{ t/m}^3$) y evacuar el agua. Debido al esponjamiento normal del material, la superficie queda por encima de la rasante original, aproximadamente en un 10% del espesor reciclado. A veces se compacta hasta conseguir enrasar los bordes, de forma que queda un resalto en el centro de la zona fresada. En estos casos es mejor disponer la compactación de forma que se mantengan las pendientes transversales de la calzada, co-

hora) la compactación, para permitir que se produzca un cierto secado del material.

La densidad máxima seca del ensayo Proctor Modificado suele ser del orden de $2,1 - 2,3 \text{ t/m}^3$, y es normal exigir densidades mínimas del orden del 97% de la de referencia; aunque con un equipo adecuado es fácil conseguir densidades del 100%.

Los rendimientos de los equipos de reciclado dependen del tipo de material que se recicla. Si se reciclan materiales granulares con ligeros tratamientos superficiales, se suelen obtener rendi-



Superficie reciclada.

menzando por el borde inferior, contra la pendiente. Puede ser conveniente eliminar el material sobrante mediante una motoniveladora, después de la primera compactación.

El tren de compactación suele estar formado por un rodillo vibratorio pesado, que es el que vuelve a introducir el material fresado en su sitio, seguido de un compactador de neumáticos también pesado (5 t por rueda), que compacta el fondo de la capa, elimina parte del agua por el efecto de amasado y cierra la superficie. Cuando se utiliza una elevada cantidad de agua, o en tiempo frío, puede ser conveniente retrasar un cierto tiempo (a veces hasta una

mientos entre 10 y 20 m/min (entre 600 y 1 200 m/h y entre 5 y 10 km/día). Cuando se reciclan pavimentos de mezcla bituminosa de espesor igual o superior a 10 cm, los rendimientos pueden variar entre 3 y 5 m/min. En los cálculos de rendimientos hay que considerar los tiempos necesarios para poner en funcionamiento los equipos y retirarlos al final de la jornada, y los que se requieren para la revisión, y cambio, en su caso, de los dientes del tambor fresador, que debe llevarse a cabo, al menos, a media jornada para evitar daños en los portapicas; con lo que el rendimiento de la operación ronda el km/día/carril.

3.4.-Tratamiento de la superficie

En los reciclados con emulsión, la capa resultante puede dejarse sin recubrir, o tratarse con riego superficial con gravilla. Este riego es especialmente adecuado cuando se empiezan a producir desprendimientos. En época calurosa puede dejarse el material sin cubrir, ya que el riesgo de pequeños arranques superficiales se compensa por la rapidez de curado de la emulsión. Después de unos ciertos días de paso del tráfico, suele ser conveniente volver a compactar para igualar la compactación en las zonas rodadas y no rodadas.

En reciclados con cemento, si la carretera va abrirse inmediatamente al tráfico, es conveniente realizar un engravillado, que sirve de riego de curado.

3.5.-Capas superiores

Las capas de refuerzo sobre el material reciclado son necesarias porque:

- En el caso de reciclados con emulsión se necesita reducir el nivel de deflexiones, de manera que sean admisibles las deformaciones a que se ven sometidas las capas del firme y la explanada.

- Es también necesario proteger el material de arranques; y, por tanto, siempre es necesaria una rodadura.

- La superficie reciclada suele quedar irregular, especialmente con los mayores espesores de reciclado. Para poder conseguir una regularidad adecuada, con tráficos elevados, es conveniente colocar sobre la capa reciclada dos capas (4+4 cm) de mezcla bituminosa. Con tráficos reducidos, puede ser suficiente una rodadura sobre el material reciclado. La necesidad de colocar dos capas puede obviarse, si en el tramo de prueba se demuestra que la regularidad obtenida es suficiente con una única capa sobre el material reciclado.

En los reciclados con emulsión, las mezclas para las capas de refuerzo con materiales nuevos deben ser suficientemente flexibles para soportar los movimientos del material reciclado hasta que alcance la cohesión definitiva. Las



Testigos de material reciclado con cemento.

más adecuadas son las de tipo semidensa o densa. En rodadura sobre mezclas densas o semidensas, pueden también utilizarse mezclas discontinuas para capas finas o mezclas drenantes.

En reciclados con emulsión debe esperarse al menos dos semanas para proceder a la extensión de la capa superior, para permitir el curado de la emulsión. Un criterio suele ser el de que el contenido de humedad en el material sea inferior al 1%. Es difícil poder extraer testigos antes de dos meses de la puesta en obra,

incluso con condiciones climáticas favorables.

4.-Conclusiones

La técnica del reciclado *in situ* en frío de firmes está ya desarrollada, y se ha aplicado con éxito en numerosas ocasiones. Ha demostrado ser una alternativa económica al fresado y reposición de capas de firme, en unos casos, y a la reconstrucción de firmes, en otros.

Aunque no se cuenta todavía con especificaciones oficiales so-

En reciclados con emulsión debe esperarse al menos dos semanas para proceder a la extensión de la capa superior, para permitir el curado de la emulsión

bre estos materiales, hay ya unas recomendaciones prácticas sobre las características que hay que exigir a los materiales, basadas en las obras realizadas. Existe, pues, una base sólida para la realización de obras, aunque quedan todavía aspectos de la técnica que deben optimizarse.

El éxito de las primeras realizaciones se debe, sin duda, a la atención y dedicación prestados tanto por las Administraciones como por las empresas. Las características de la técnica exigen un cuidado especial, y esto debe tenerse en cuenta en las aplicaciones futuras.

Bibliografía

CEDEX. Varios autores. *Jornada sobre reciclado de capas de firme con emulsión*. 1996: Madrid.

INTEVÍA. Varios autores. *Curso sobre reciclado de firmes y pavimentos*. 1996: Madrid.

IECA. Varios autores. *Jornada sobre reciclado con cemento de firmes*. 1995: Cáceres.

Barranco, S. *Reciclado en frío en la autopista A-68, Bilbao-Zaragoza*. III Congreso Nacional de Firmes. Junta de Castilla y León-Asociación Española de la Carretera. 1996: Burgos.

Blanco, J.M. *Reciclado de firmes con cemento*. XIII SYMPOSIUM VYODEAL. 1995: Almagro.

Blanco, J.M. *Experiencia de reciclado con cemento en la obra realizada en la carretera N-630 de Gijón al Puerto de Sevilla. Tramo L.P. Salamanca-Cañave-*



Reciclado mixto con emulsión y cal.

ral (sur). Provincia de Cáceres. VI Jornadas de Conservación de Carreteras. Asociación Técnica de Carreteras. 1997: Murcia.

Coronado, J.M. y otros. *Reciclado con rejuvenecedores de los pavimentos de las carreteras*. I Congreso Andaluz de Carreteras. Asociación Española de la Carretera. 1998: Granada.

Gasca, C. *Reciclado en caliente de mezclas con asfálticas*. I Congreso Andaluz de Carreteras. Asociación Española de la Carretera. 1998: Granada.

Hernando, A. *Reciclado de mezclas con emulsión*. XIII SYMPOSIUM VYODEAL. 1995: Almagro.

Jofré, C. *El reciclado de pavimentos agotados con cemento en el tramo Huelva-Cartaya de la N-431*. I Congreso Andaluz de Carreteras. Asociación Española de la Carretera. 1998: Granada.

Llorca, A. y Santos, J. *Experiencia de reciclado de firmes con emulsión en la red autonómica valenciana. Acondicionamiento de la carretera C-3316, tramo Bocarent-Banyeres*. III Congreso Nacional de Firmes. Junta de Castilla y León-Asociación Española de la Carretera. 1996: Burgos.

Morillo, D. *Reciclado de pavimentos*. VI Jornadas de Conservación de Carreteras. Asociación Técnica de Carreteras. 1997: Murcia.

Ortiz, J y Castells, J. *Reciclado en frío in situ con adición de*

emulsión. I Congreso Andaluz de Carreteras. Asociación Española de la Carretera. 1998: Granada.

Peña, J. *Retratamiento con cemento de firmes existentes*. IV Jornadas sobre Pavimentos de Hormigón. IECA. 1993: Oviedo.

Potti, J.J. *Reciclado en frío in situ con emulsión en los Picos de Europa*. I Congreso Andaluz de Carreteras. Asociación Española de la Carretera. 1998: Granada.

Ruiz, A. *Reciclado de pavimentos*. VI Jornadas de Conservación de Carreteras. Asociación Técnica de Carreteras. 1997: Murcia.

Solis, L.A. *Reciclado de firmes*. VI Jornadas de conservación de carreteras. Asociación Técnica de Carreteras. 1997: Murcia.

Tomás, R. y Montero, M. *Aprovechamiento de materiales granulares de baja calidad mediante retratamiento con emulsión y cal*. III Congreso Nacional de Firmes. Junta de Castilla y León-Asociación Española de la Carretera. 1996: Burgos.

Villaamil, R. y Fernández-Cuenca, J.A. *Reciclado en frío con cemento en carretera comarcal*. I Congreso Andaluz de Carreteras. Asociación Española de la Carretera. 1998: Granada. ■

Aurelio Ruiz Rubio. Centro de Estudios de Carreteras del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).