



RECICLADO EN FRÍO



“Lugar y fecha de celebración de la jornada”



ÍNDICE

1.- Reciclado en frío

1.1.- Tipos y materiales

1.2.- Control de calidad de los materiales y fórmula de trabajo

1.3.- Fabricación y puesta en obra

1.4.- Maquinaria

1.5.- Campos de aplicación

1.6.- Conclusiones



1.- RECICLADO EN FRÍO

❑ La mezcla homogénea, convenientemente extendida y compactada, del material resultante del fresado de una o más capas de un firme existente en un espesor comprendido entre seis (6) y doce centímetros (12cm), emulsión bituminosa, agua y, eventualmente, aditivos. Todo el proceso de ejecución de esta unidad de obra se realizará a temperatura ambiente.

❑ Clasificación

- Según su composición
- Lugar de fabricación
- Tipo de firme a reciclar





¿Cuándo?

- ☐ Técnica de Rehabilitación de Firmes
- ☐ Alternativa al fresado y reposición.

- ESCASEZ DE MATERIALES NATURALES



- Agotamiento de las canteras
- Legislación medioambiental

- MENOR COSTE DE ENERGÍA

- MENOR COSTE DE TRANSPORTE

“Reciclado en frío”



RECICLADO EN FRÍO: CLASIFICACIÓN

☐ Según su composición

- *Reciclado simple*: Aportación de agua y emulsión
- *Reciclado mixto*: Cuando se incorporan también aditivos **cal o cemento**, hasta un 2%

☐ Según el lugar de elaboración

- *Reciclado “in situ”*: Se realiza la operación completa de reciclado sobre el firme a tratar
- *Reciclado en central*: Cuando se fabrica la mezcla en centrales fijas o móviles



RECICLADO EN FRÍO: CLASIFICACIÓN

□ Según el tipo de firme a reciclar

	TIPO I	TIPO II	TIPO III
Material reciclado del firme existente	Capa bituminosa (< 4-5 cm) + base granular	Capa bituminosa (5-10 cm) + base no bituminosa (> 50% “negro”)	Mezclas bituminosas
Emulsión tipo	Emulsión de betún blando (70/100 ó 160/220)	Emulsión de betún blando o regenerante	Emulsión de efecto regenerante
Dotación (60% B. res)	4-7 %	3-5 %	2,5-4%
Espesor de reciclado	8-12 cm	8-12 cm	6-12 cm
Objetivo	Mejora de las características mecánicas o geométricas del firme existente	Igual que el tipo I y eventualmente regeneración del ligante existente	Reciclado y regeneración del ligante existente

“Reciclado en frío”



RECICLADO EN FRÍO: CLASIFICACIÓN

☐ Ejemplos de tipos de firmes a reciclar



TIPO I



TIPO III

“Reciclado en frío”



RECICLADO EN FRÍO: MATERIALES

- ☐ Emulsión bituminosa
- ☐ Material a reciclar
- ☐ Agua
- ☐ Aditivos

“Reciclado en frío”



RECICLADO EN FRÍO: EMULSIÓN BITUMINOSA

☐ Emulsión de rotura lenta

C60B5 REC



ECL-2, ECL-2d, ECL-2b y ECL-2-m

“OC29/2011 del PG3”



RECICLADO EN FRÍO: MATERIAL A RECICLAR

❑ Conjunto de partículas pétreas, recubiertas o no por ligante hidrocarbonado envejecido:

- Resultantes del fresado del firme existente “in situ”
- Resultantes del fresado de firmes seleccionados “en central”

“Reciclado en frío”



RECICLADO EN FRÍO: HUSOS GRANULOMÉTRICOS

TIPO DE RECICLADO III	CEDAZOS Y TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)									
	40	25	20	12,5	8	4	2	0,500	0,250	0,063
RE1	100	78-100	69-95	52-82	40-70	25-53	15-40	2-20	0-10	0-3
RE2	–	100	80-100	62-89	49-77	31-58	19-42	2-20	0-10	0-3

☐ RE1 Espesores superiores a 10 cm

☐ RE2 espesores entre 6 y 10 cm

(O. C. 8/2001 del Mº de Fomento)

“Reciclado en frío”



RECICLADO EN FRÍO: HUSOS GRANULOMÉTRICOS

TIPO DE RECICLADO I - II	CEDAZOS Y TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)									
	40	25	20	12,5	8	4	2	0,500	0,250	0,063
'RE 3"	100	78-100	69-95	52-82	40-70	25-53	15-40	8-25	5-20	2-12
'RE 4"	—	100	80-100	62-89	49-77	31-58	19-42	8-25	5-20	2-12

☐ RE3 Espesores superiores a 10 cm

☐ RE4 espesores entre 8 y 10 cm

(S/experiencia ATEB)

“Reciclado en frío”



RECICLADO EN FRÍO: AGUA

□ Misión

- Mejorar la dispersión de la emulsión con el material fresado
- Evitar rotura prematuras de la emulsión
- Mejorar la trabajabilidad de la mezcla
- Obtener la densidad adecuada de la mezcla compactada



RECICLADO EN FRÍO: ADITIVOS

☐ Son el cemento o la cal
(máximo 2%)

■ Aconsejables cuando el material presenta algo de plasticidad.

■ Aceleran la maduración de la mezcla.

“No siempre es conveniente introducirlos ya que rigidizan la mezcla”





RECICLADO EN FRÍO: CONTROL DE CALIDAD MATERIALES

❑ Material fresado

- Cuarteo
- Granulometría
- % de ligante envejecido
- Características del ligante: penetración, PR, asfaltenos, otros
- Granulometría del árido lavado



❑ Emulsión bituminosa

- Tipo de emulsión
- Compatibilidad con el material fresado (envuelta)





RECICLADO EN FRÍO: CONTROL DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

☐ En Laboratorio

- Granulometría del material fresado para un huso
- Densidad máxima para una humedad óptima (proctor modificado ??)
- Envoltas (material fresado+% agua+% emulsión y grado de cubrición)
- Inmersión-compresión (contenido óptimo de emulsión)



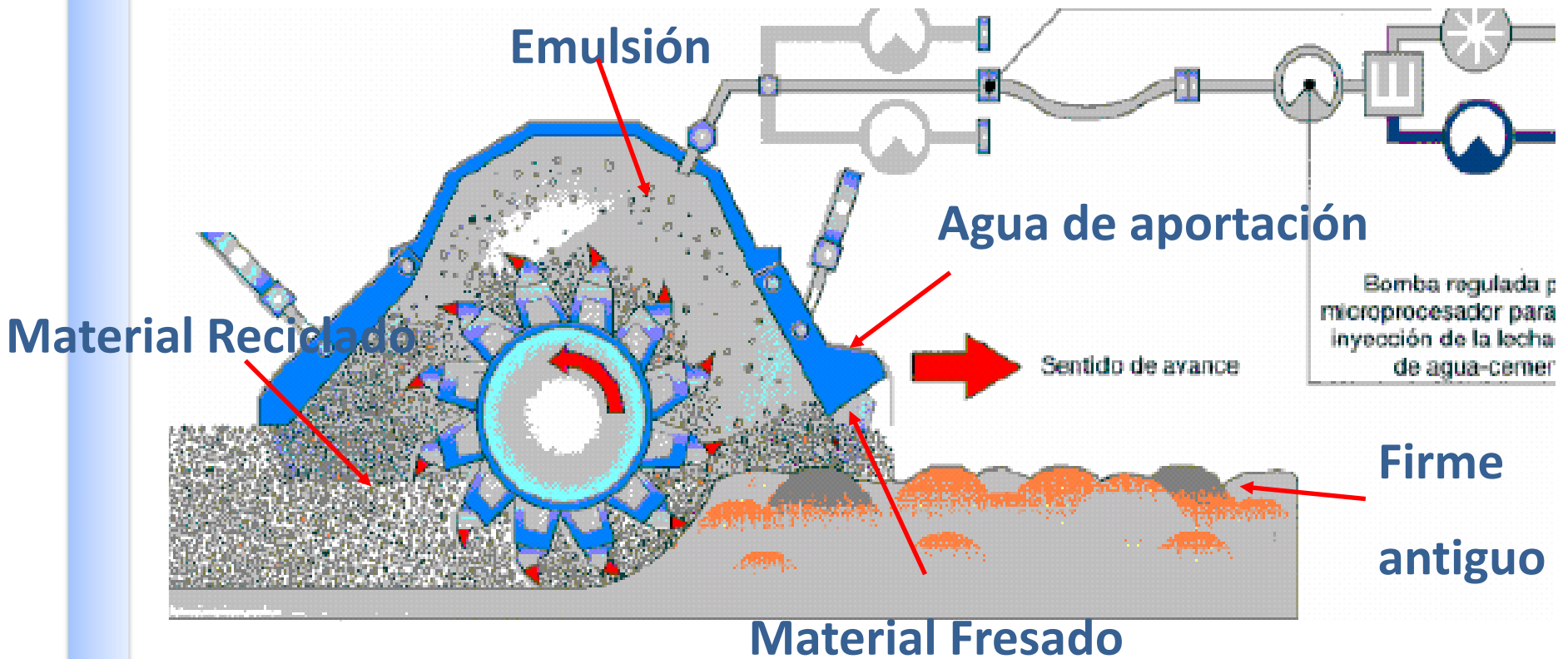
☐ En obra

- Contenido de agua
- Contenido de betún
- Inmersión-compresión
- Determinación de la densidad sobre testigos





RECICLADO EN FRÍO: ESQUEMA DE LA TÉCNICA



“Reciclado en frío”



RECICLADO EN FRÍO: MAQUINARIA

☐ Reciclado “in situ”

- Camión cisterna (agua y emulsión)
- Fresadora-mezcladora-extendedora
- Compactador vibratorio de rodillo metálico (no menor de 15 t)
- Compactador de neumáticos (no menor de 35 t)

☐ Reciclado “en central”

- Fresadora
- Central de fabricación
- Camiones volquetes de caja lisa
- Extendedora autopropulsada
- Compactador vibratorio de rodillo metálico (no menor de 15 t)
- Compactador de neumáticos (no menor de 35 t)



“Reciclado en frío”



RECICLADO EN FRÍO: CAMPOS DE APLICACIÓN

- ☐ En rehabilitación de firmes total o parcialmente agotados:
 - ☐ Carreteras con tráfico T1

- ☐ Calzada: + 8 cm mínimo de M.B.C.

- ☐ Arcenes: + Rodadura bituminosa

- ☐ Carreteras con tráfico T2 a T4

- ☐ M.B.C. tipo D ó S

La orden circular 8/2001 expresa literalmente lo siguiente:

“Por consideraciones ambientales y de reutilización de los materiales existentes en los firmes y pavimentos, en las actuaciones cuya superficie de rehabilitación sea superior a 70.000m², se deberán tener en cuenta, en el análisis de soluciones para el proyecto de rehabilitación del firme, las técnicas de reciclado”.

“Reciclado en frío”



RECICLADO EN FRÍO: CONCLUSIONES

- ☐ Mezclas que aportan a la carretera
 - Resistencia mecánica progresiva
 - Buen comportamiento a la fatiga
 - Mayor rapidez de ejecución
- ☐ Mejoras económicas
 - 50% más barato que el fresado y reposición
 - 25% más barato que el refuerzo puro
- ☐ Mejoras medioambientales
 - Ventajas energéticas al no requerir el calentamiento de los materiales
 - Conservación de recursos al requerir el empleo de menor cantidad de árido virgen y ligante



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

www.ateb.es

Linked 

Únete a nosotros

“Reciclado en frío”