



GRAVA - EMULSIÓN

ASOCIACION TECNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS
(ATEB)



Coordinado por :

Juan José Potti
Jesús Rincón

ATEB

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.

- 1.1. La eco-eficacia un criterio de decisión actual.
- 1.2. Consideraciones Energéticas. Criterios de Clasificación.

2. REFERENCIAS Y RECOMENDACIONES ACTUALES ACERCA DE LA GRAVA-EMULSIÓN.

- 2.1. Diseño y construcción de firmes de la Junta de Castilla-León.
- 2.2. Instrucción para el diseño de firmes de la red de carreteras de Andalucía.
- 2.3. Otros documentos en preparación.
- 2.4. Pliego de ATEB.
- 2.5. Norma 6.3-IC sobre “Rehabilitación de Firmes”.

3. CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES. PROPUESTA ATEB.

4. FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DE LA GRAVA-EMULSIÓN.

- 4.1. Fabricación.
- 4.2. Puesta en obra.
 - 4.2.1. Transporte de la grava-emulsión.
 - 4.2.2. Extendido.
 - 4.2.3. Compactación.
 - 4.2.4. Protección de la superficie.

5. EJEMPLOS DE EMPLEOS RECIENTES.

6. CONCLUSIONES.

- 6.1. Argumentos a favor de la grava-emulsión.
- 6.2. Líneas de desarrollo. Desafíos inmediatos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

8. NORMATIVAS VIGENTES.

GRAVA-EMULSIÓN

1 ANTECEDENTES.

El antecedente histórico de la grava-emulsión es el “retread process”. Utilizado principalmente en vías secundarias y consistente en escarificar el firme antiguo, recuperar el perfil con ayuda de una motoniveladora, corregir la granulometría mediante la aportación de nuevo material granular y dar cohesión al material pétreo mediante la aportación de una emulsión bituminosa con una dotación de 5 a 6 Kg/m².

Para adaptarlo a firmes de cierta importancia evolucionó hasta realizar la mezcla, en plantas fijas utilizadas en la fabricación de mezclas bituminosas en frío. Desde entonces la técnica es conocida con el nombre de grava-emulsión.

Se trata de la mezcla de un árido de granulometría continua convenientemente humectado y emulsión bituminosa en un porcentaje aproximado de betún residual del 3% al 4% que se extiende y compacta a temperatura ambiente, pudiendo además ser acopiado una vez fabricado.

La emulsión se formula para que el ligante envuelva todo el árido, si bien es frecuente que se fije preferentemente en las partículas finas del material granular formando un mortero muy rico en ligante que aglomera los áridos gruesos y los consolida.

Así, en el comportamiento estructural de la grava-emulsión se combinan el rozamiento interno de un material granular, con la cohesión, flexibilidad e impermeabilidad de un mortero bituminoso.

En la orden FOM/891/2004, de 1 de marzo de este año, se actualizaron ciertos artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes, relativos a firmes y pavimentos. En

esa misma orden quedaba derogado, entre otros, el artículo 514 “Grava-emulsión” del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.

Desde una visión, siempre de eficacia, las mezclas bituminosas en frío permiten abordar soluciones muy adecuadas para países o regiones con bajas inversiones en equipamiento. En el otro extremo, en los países fuertemente industrializados, en los que la presión y la sensibilidad medio ambiental es cada día mayor, la mayor eficacia ecológica o eco-eficacia de las mezclas bituminosas en frío respecto de las mezclas en caliente permiten dar una respuesta adecuada a estas presiones.

1.1. La eco-eficacia un criterio de decisión actual

La eficacia medioambiental de las mezclas bituminosas en frío, ha sido abordada a través del análisis de la eco-eficiencia, desarrollado por K. Takamura y presentado al congreso ISSA 2001. Este tipo de análisis permite evaluar y visualizar las ventajas y desventajas de un producto o proceso en términos de ecología y economía, de tal manera que permita tomar decisiones apropiadas que conduzcan al desarrollo sostenible.

El análisis medioambiental se basa, para cada caso, en el estudio de cinco factores:

- Consumo de materias primas,
- Consumo de energía,
- Emisiones a la atmósfera,
- Efectos sobre la salud,
- Riesgo de accidente o uso indebido.

Cada una de las técnicas escogidas para el estudio, recibe en el análisis de cada factor medioambiental o ecológico, una puntuación entre 0 y 1, (0 sería el valor óptimo y 1 el pésimo) y se representan en un sistema de coordenadas, consistente en un pentágono, en el que el 0 es el centro del pentágono.

Cada eje representa el análisis de un factor medioambiental y el 1, que es el valor máximo y fin de la escala, correspondería a cada uno de los vértices.

Cada técnica, queda representada por un pentágono irregular, que podríamos llamar “Huella medioambiental”. La técnica que posea la huella medioambiental de menor superficie, sería la óptima desde el punto de vista ecológico. Posteriormente, se ordenan las técnicas evaluadas de menor a mayor impacto medioambiental (de menor a mayor huella), en un eje llamado de “impacto medioambiental” y se enfrentan a un eje de costes.

En la óptica actual del crecimiento sostenible y desde la necesidad de encontrar sistemas y tecnologías de construcción amigables con el medio ambiente (E.F.C.T.) sería preciso reflexionar, también en nuestro sector, bajo tres niveles de exigencia en la eficacia:

eficacia económica, eficacia ecológica y eficacia social.

En la medida en que se aplique este nuevo concepto de eco-eficacia, se inicien las exigencias legales derivadas del compromiso de Kyoto y continúe la escalada de precios del petróleo, el entorno será más favorable para el desarrollo en el empleo de las mezclas bituminosas en frío.

1.2. Consideraciones Energéticas. Criterios de Clasificación.

En la fabricación de mezclas bituminosas en caliente es preciso consumir energía debido a dos razones: evaporación de la humedad natural del árido y calentamiento de árido y ligante para alcanzar la temperatura óptima de envuelta. El consumo energético global dependerá de la temperatura final del proceso. La cantidad de emisiones también.

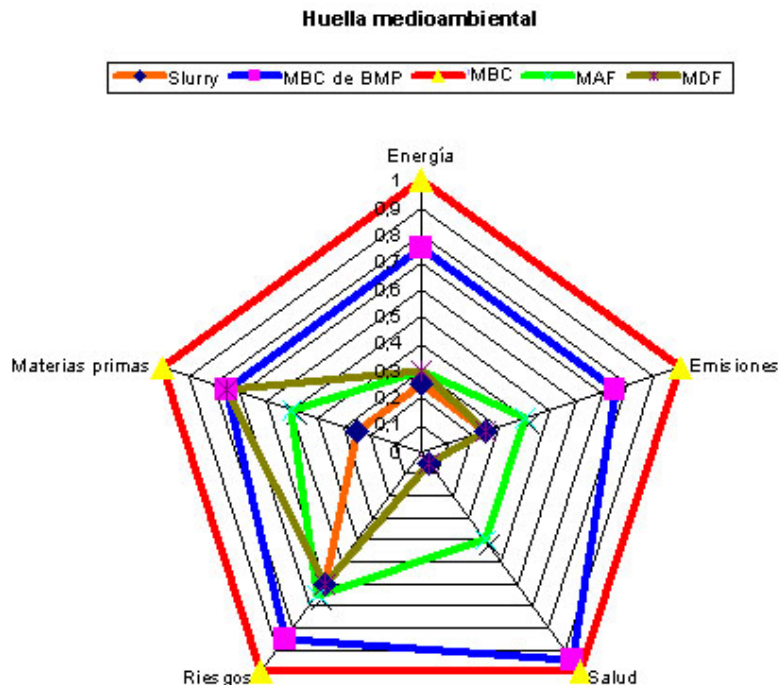


Figura 1. Análisis de la eco-eficacia de varias

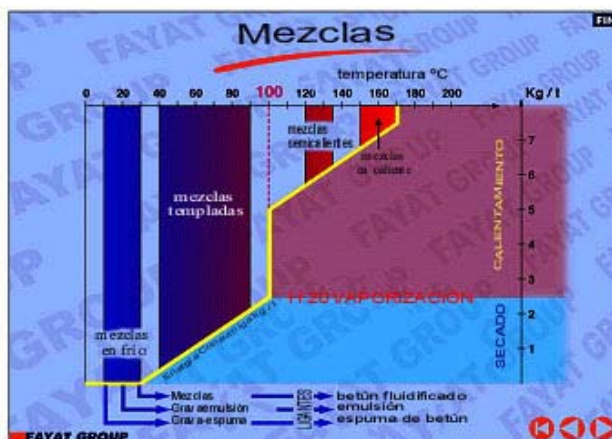


Figura 2. Gráfico de consumo energético en función de la temperatura

Directivas europeas (2010-1998)

Protocolo de Goteborg

País	NOx Kt	% cambio	COV Kt	% cambio	NH3 Kt	% cambio	SO2 Kt	% cambio
Austria	107	-37%	159	-33%	66	-7%	39	-15%
Bélgica	181	-42%	144	-48%	9674	-27%	106	-50%
Dinamarca	127	-44%	85	-36%	72	-28%	55	-28%
Francia	860	-46%	1100	-41%	780	-4%	400	-50%
Alemania	1081	-36%	995	-42%	550	-13%	550	-48%
Irlanda	65	-46%	55	-52%	116	-8%	42	-76%
Italia	1000	-37%	1159	-34%	419	-4%	500	-51%
Luxemburgo	11	-35%	9	-30%	7	0%	4	0%
Países Bajos	266	-37%	191	-36%	128	-25%	50	-53%
España	847	-29%	669	-73%	353	-31%	774	-48%
Reino Unido	1181	-31%	1200	-37%	297	-15%	625	-60%
Rep. Checa	286	-30%	220	-8%	101	+20%	283	-36%
Croacia	87	+12%	90	+12%	30	+22%	70	-22%
Hungría	198	-2%	137	-3%	90	+18%	550	-8%
Polonia	879	-11%	800	+8%	468	+20%	1397	-26%
Eslovaquia	130	0%	140	+37%	39	+11%	110	-38%
Eslovenia	45	-29%	40	0%	20	0%	27	-78%
Suiza	79	-24%	144	-16%	63	-8%	26	0%

Tabla 1: Emisiones según el protocolo de Goteborg

En la figura 2 se puede apreciar el consumo energético de combustible, expresado en términos de kilogramos por tonelada de mezcla bituminosa en caliente fabricada. Una tonelada de mezcla en caliente convencional consume aproximadamente 6 kgs de combustible. A partir de esa temperatura por cada incremento en la temperatura de fabricación de 20 °C se incrementa el consumo en un kilogramo más de

combustible. Desde el punto de vista de las emisiones, la dependencia no es lineal sino exponencial y de acuerdo con la figura 3 un incremento de 20 °C incrementa las emisiones casi en 9 veces y un incremento de 40 °C, ¡ multiplica por 40 las emisiones de COV !. En la tabla 1 se muestran los valores de las emisiones autorizadas según el protocolo de Goteborg.

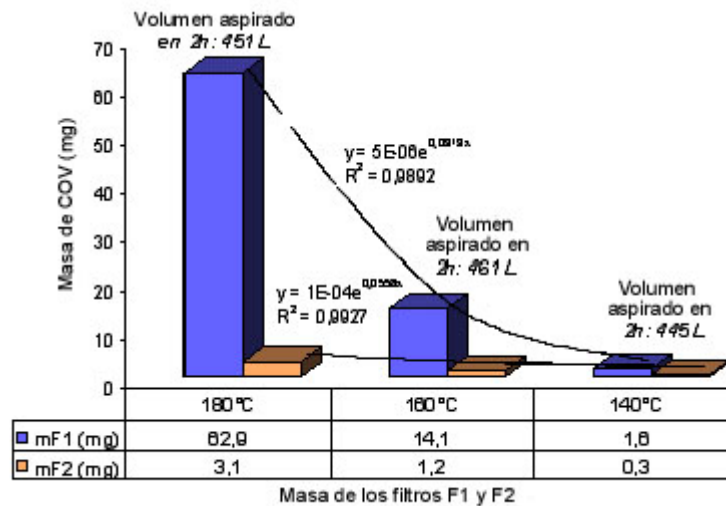


Figura 3. Gráfico de emisiones de COV en función de la temperatura

Esto ha generado un gran interés por las mezclas semicalientes (“tièdes”), 120-140°C, y más recientemente por las mezclas templadas (“demi tièdes”), 60-80°C, ver figura 4.

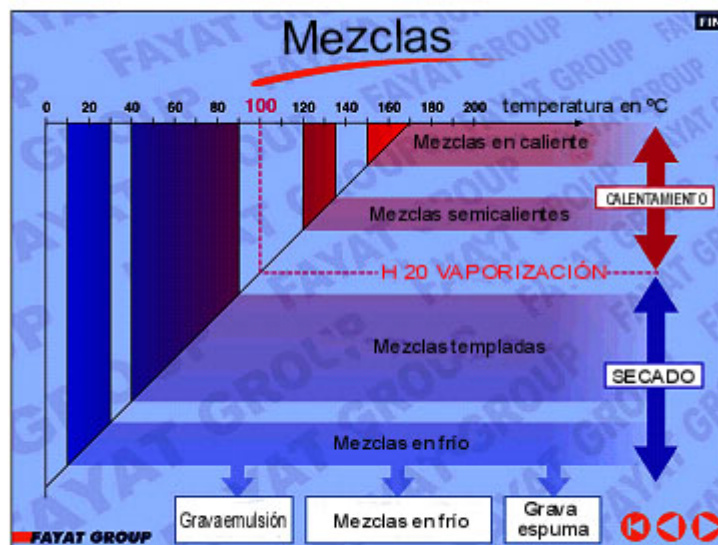


Figura 4. Tipos de mezcla en función de la temperatura de fabricación.

2 REFERENCIAS Y RECOMENDACIONES ACTUALES ACERCA DE LA GRAVA-EMULSIÓN

A nivel regional hay, publicados en estos últimos años, dos documentos de singular importancia:



Foto 1. Diseño y Construcción de Firmes en Castilla-León y la Instrucción para el Diseño de Firmes de Andalucía

2.1 Diseño y Construcción de Firmes de la Junta de Castilla y León.

El primero el de la Junta de Castilla-León que fue presentado en Burgos en el año 1996 y en su versión internacional “Guidelines for pavement design and construction on regional and local roads” en el Congreso de la IRF (Paris) de 2001. En Mayo del año 2004, durante el VI Congreso Nacional de Firmes, celebrado en León se ha presentado una nueva versión de estas recomendaciones.

El documento de la Junta de Castilla y León de 1996 presentaba, basadas en unas especificaciones previas sobre los materiales considerados, en su red de carreteras:

- Las secciones de firme adecuados para nueva construcción.
- Las secciones de refuerzo con mezcla bituminosa

En las secciones de firme para nueva construcción las conclusiones más significativas eran las siguientes:

- Se establecían desde el tráfico T2 al T4 el empleo de la grava-emulsión en capa de base.
- Para tráfico T3 y T4 el empleo de mezcla abierta en frío.
- Para T4 se establecía la imposibilidad de empleo de mezcla en caliente convencional en un espesor menor o igual a 4 cm.

2.2 Instrucción para el diseño de firmes de la Red de carreteras de Andalucía.

La “Instrucción para el diseño de firmes de la Red de carreteras de Andalucía”, año 1999, realiza una aproximación distinta. Basándose en los factores de diseño habituales (tráfico, cimiento del firme y climatología) pero adaptados a las condiciones propias de esta región y previa presentación de los factores de proyecto (para el cimiento y para la estructura del firme) desarrolla a través de un programa de dimensionamiento, denominado ICAFIR, ver figura 5, una herramienta que permite encontrar secciones alternativas para el diseño de firmes de nueva construcción de una forma muy sencilla.

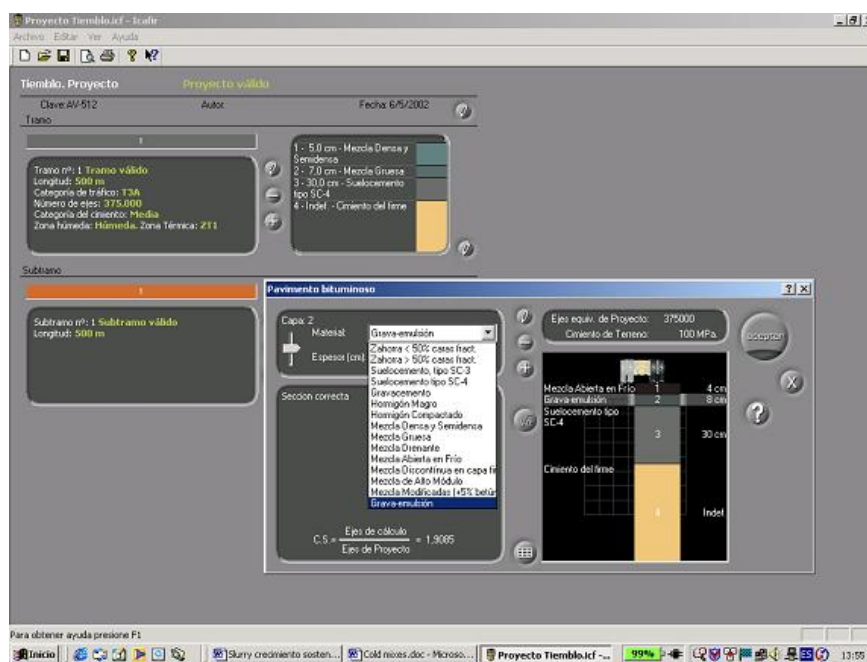


Figura 5. Programa de cálculo “ICAFIR” de la Junta de Andalucía

El resultado final cataloga la sección como válida, con el coeficiente de seguridad asociado, o sección no válida en cuyo caso presenta el o los criterios de fallo.

Este programa es válido para todos los tipos de tráfico y es la herramienta habitual para la presentación de secciones alternativas a las de proyecto en la Junta de Andalucía. En la actualidad se está realizando una nueva versión de la Instrucción y del Programa ICAFIR.

El documento define las especificaciones de los materiales y considera los siguientes: Zahorra natural, zahorra artificial, suelo-cemento tipo SC-3, suelo-cemento tipo SC-4, Grava-cemento, Hormigón magro, Hormigón compactado, Mezcla densa y semidensa en caliente, Mezcla gruesa, Mezcla drenante, Mezcla abierta en frío, Mezcla discontinua en capa fina, Mezcla de alto módulo, Mezclas modificadas con BMP y Grava-emulsión. Como puede observarse la relación no sólo es exhaustiva sino que incorpora los materiales más modernos y específicamente los relacionados con las mezclas en frío, grava-emulsión y mezcla abierta en frío.

El programa “ICAFIR” permite dimensionar firmes, de manera sencilla, para todo tipo de tráfico basándose en mezclas en frío. Desde este punto de vista es una herramienta muy útil para el desarrollo de las mezclas en frío, y en particular para diseñar secciones alternativas basadas en la grava-emulsión.

2.3 Otros documentos en preparación.

En la actualidad las Comunidades del País Vasco y de Extremadura están elaborando trabajos similares con la intención de proponer Catálogos de Secciones de Firme adaptados a los materiales de la zona, las características de su red de carreteras, climatología local y experiencias propias. Parece que sendos documentos verán la luz muy próximamente.

En el documento del País Vasco se establecen una serie de secciones de firme para cada una de las Diputaciones Forales del Gobierno Vasco, de acuerdo con su experiencia local y los materiales de la zona.

Se establecen numerosas secciones basadas en el empleo de “Mezclas Bituminosas” y un coeficiente estructural para ciertos materiales bituminosos (mezcla de alto módulo, grava-emulsión, etc.). Para tráficos T3 y T4 el coeficiente estructural equivalente entre la mezcla bituminosa en caliente convencional y la grava-emulsión es 1.

2.4 Pliego de Ateb.

La Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) ha elaborado unas propuestas de Pliego para la “Grava-emulsión”, “Mezclas Bituminosas en Frío” y Tratamientos Superficiales de Riegos con Gravilla”

Las líneas generales de este Pliego de ATEB para la grava-emulsión son las siguientes:

- Se proponen tres tipos de husos: GE1, GE2 y GE3. Este último sólo válido para tráficos muy ligeros T43 (IMDp<10)
- Se endurecen las exigencias de los ligantes. Sólo se emplearán emulsiones tipo “d” y “m” para tráficos T2 y superiores.
- Se permite el empleo de material procedente del fresado de pavimentos bituminosos, como en el artículo de mezclas en caliente.
- Se endurecen las exigencias para el árido grueso. Para tráficos T2 y superiores las exigencias respecto al árido grueso son similares a las de las mezclas G.
- Se endurecen las exigencias para el árido fino. Para tráficos T2 y superiores el porcentaje máximo de arena natural es del 0%.
- Se incrementan las exigencias mínimas de ligante en la mezcla. Para tráficos T2 y superiores el porcentaje mínimo de ligante es del 3%.
- El equipo de fabricación puede ser tipo central de mezcla o móviles, tipo estabilizadores o recicladoras modernas. Se

exigen mínimo tres tolvas para la mezcla tipo GE1.

- El equipo de extensión recomendado es la extendidora.
- La compactación debe ser con compactadores de neumáticos y cilindros metálicos con vibración. En espesores superiores a 12cm se recomienda un compactador neumático de 35 toneladas y un metálico vibratorio de 15 toneladas.
- Se establece con mucha mayor claridad, respecto al pliego anterior, la secuencia para establecer la fórmula de trabajo.
- Las exigencias mínimas que debe superar la fórmula de trabajo propuesta son claramente superiores. Para tráfico T2 y superiores la resistencia conservada mínima debe ser del 75%, con un valor mínimo de 1,5 MPa para la resistencia en seco y un valor mínimo de 1,2 MPa para la resistencia en húmedo.

- Se impone la realización del tramo de ensayo.
- Se establecen tres criterios para juzgar la unidad terminada:
 - o densidad,
 - o espesor y anchura,
 - o regularidad superficial. Las exigencias de regularidad solicitadas son similares a las de las mezclas tipo G.
- En el control de materiales se rebajan las exigencias, para animar en ese camino, cuando los suministradores de áridos poseen el marcado CE o distintivos de calidad similares y análogo criterio con los suministradores de ligantes.
- Las tolerancias mínimas respecto a la fórmula de trabajo aprobada son más estrictas. Se presta especial atención a los fluidos de compactación dada su gran influencia en la densidad final y por tanto en las resistencias mecánicas iniciales y finales de la mezcla.

CEDAZOS Y TAMICES UNE	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (%)		
	GEA 1	GEA 2	GEA 3
40	-	-	100
31,5	100	100	-
20	80-100	80-100	-
12,5	66-82	58-86	-
8	54-69	43-73	-
4	38-54	26-55	26-62
2	26-40	17-40	18-50
0,5	13-22	9-23	9-33
0,25	8-16	7-18	-
0,125	5-10	4-14	-
0,063	2-5	2-10	2-13

Tabla 2 - Husos del Pliego de grava-emulsión propuesto por ATEB

2.5 Norma 6.3-IC sobre “Rehabilitación de firmes”.

En esta norma, se establecen los materiales más habituales para la rehabilitación de firmes, con un coeficiente de equivalencia, así como sus limitaciones constructivas. En la tabla 3 se puede observar cómo se asigna un coeficiente de equivalencia de 1 para las Mezclas abiertas en frío, limitando su empleo únicamente para tráficos T32 y T4 en espesores inferiores a 5 cms, y a la grava-emulsión denominada en este documento “grava-emulsión” se le asigna un coeficiente de equivalencia de 0.75 y se limita su empleo para los tráficos T2 a T4 en espesores comprendidos entre 6 y 12 cm.

- ⁵⁾ Coeficiente de equivalencia aplicable especialmente en rehabilitación estructural con categoría de tráfico pesado T32, T41 y T42. Este tipo de solución deberá disponer de un pavimento de mezcla bituminosa en caliente muy flexible, de mezcla abierta en frío o de tratamientos superficiales.
- N = número de ejes equivalentes de 128 kN (13 toneladas).
- δ = deformación unitaria (δ_r = radial y δ_z = vertical).
- σ_r = tensión de tracción en MPa.

MATERIAL	COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA	LEY DE FATIGA	LIMITACIONES CONSTRUCTIVAS
MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE (Tipos D, S y G)	1	$\delta_r = 6,925 \cdot 10^{-3} \cdot N^{0,27243}$	Espesor de capa de rodadura (D y S): -Para T00, T0 y T1: No admisible. -Para T2: 5-6 cm -Para T3 y T4: 5 cm. Espesor mínimo de capa intermedia: 5 cm, excepto en capas de reposición, reperfilado y en arcenes. Espesor mínimo de capa de base: 7 cm, excepto en capas de reposición, reperfilado y arcenes.
MEZCLA BITUMINOSA ABIERTA EN FRIO	1	-	Espesor de capa de rodadura: -Para T00 a T31: No admisible. -Para T32 y T4 < 5 cm. (Excepto vías de servicio no agrícolas de autopistas y autovías).
GRAVAEMULSION	0,75	Ley específica	Espesor de capa: -Para T00 a T1: No admisible. -Para T2 a T4: 6 a 12 cm.
ZAHORRA ARTIFICIAL	0,25 ⁽⁵⁾	$\delta_z = 2,16 \cdot 10^{-2} \cdot N^{0,28}$	- Espesor mínimo: 15 cm. - Espesor máximo: 30 cm.

Tabla 3 – Coeficientes de equivalencia asignados en la norma 6.3-IC

3 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES. PROPUESTA ATEB.

Durante el VI Congreso Nacional de Firms de León, Mayo 2004, ATEB presentó su propuesta para el “diseño de pavimentos para carreteras de media y baja intensidad de tráfico empleando técnicas en frío”. Las consideraciones de partida para su desarrollo fueron las siguientes:

- Se asumen los criterios de calidad y diseño de Explanadas de la nueva norma 6-IC.
- Se asumen los criterios de división de los tráficos de la nueva norma 6-IC ampliando la división del T41 a T42 ($IMDV_p: 10-25$) y T43 ($IMDV_p < 10$).
- En lo que se refiere a los materiales, se asumen los criterios de especificaciones y condiciones de empleo del Ministerio de Fomento, excepto en lo que se refiere a los que llevan emulsión y zahorras naturales, cuyo empleo se contempla sobre explanadas E1 y en algún caso más para tráficos T43.
- Las secciones presentadas se han estudiado como opciones de las secciones flexibles de la 6-IC, es decir las terminadas en 1, y en ningún caso deben verse como alternativas a las secciones semirrígidas o rígidas que también aparecen en la 6-IC.

En el caso del tráfico T32, se plantean dos tipos de opciones, también mediante el

empleo de la grava-emulsión en capa de base, pero para las calzadas con soluciones basadas en técnicas en frío (una capa de mezcla en frío sellada con lechada gruesa) o en caliente (dos capas de mezcla). Para las subbases se actúa de forma similar a lo indicado para tráfico T31.

Para el tráfico T41 se ofrecen en el documento presentado en León tres soluciones basadas en diferentes topologías: grava-emulsión más lechada en dos capas, grava-emulsión más mezcla en frío sellada con lechada y grava-emulsión terminada con mezcla en caliente. Aquí, para mayor simplicidad sólo se destacarán en las tablas adjuntas la primera y tercera de las soluciones apuntadas. Las subbases siguen los mismos criterios que en los tráficos T31 y T32.

Para el tráfico T42 la solución flexible ya está planteada con una rodadura en frío por lo que las opciones planteadas contemplan el empleo de grava-emulsión terminada con lechada bituminosa.

En el tráfico T43, definido como el correspondiente a una $IMDV_p$ inferior a 10, no tiene secciones de referencia la 6-IC. Las secciones planteadas responden a planteamientos muy flexibles: zahorras terminadas con mezclas en frío selladas o con tratamientos superficiales y, como alternativa grava-emulsión sellada mediante lechada bituminosa. Aquí, para mayor simplicidad sólo se destacarán en las tablas adjuntas la primera y tercera de las soluciones apuntadas.

SECCIONES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN PARA TRÁFICO T31

Sección n°:→ Material: ↓	Ref. 3111	ATEB 311-1	ATEB 311-2	Ref. 3121	ATEB 312-1	ATEB 312-2	Ref. 3131	ATEB 313-1	ATEB 313-2
Mezcla bitum. caliente	20	6	12	16	6	10	16	6	12
Lechada bituminosa									
Mezcla bitum. en frío									
Grava-emulsión		20	12		18	12		20	12
Zahorra Artificial	40	20	20	40	25	25	25		
Zahorra Natural		20	20						
Explanada:	E1			E2			E3		

SECCIONES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN PARA TRÁFICO T32

Sección n°:→ Material: ↓	Ref. 3211	ATEB 321-1	ATEB 321-2	Ref. 3221	ATEB 322-1	ATEB 322-2	Ref. 3231	ATEB 323-1	ATEB 323-2
Mezcla bitum. caliente	18		10	15		10	15		10
Lechada bituminosa		LB-2			LB-2			LB-2	
Mezcla bitum. en frío		5			5			5	
Grava-emulsión		18	12		15	9		18	12
Zahorra Artificial	40	20	20	35	25	25	20		
Zahorra Natural		20	20						
Explanada:	E1			E2			E3		

SECCIONES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN PARA TRÁFICO T41

Sección n°:→ Material: ↓	Ref. 4111	ATEB 411-1	ATEB 411-3	Ref. 4121	ATEB 412-1	ATEB 412-3	Ref. 4131	ATEB 413-1	ATEB 413-3
Mezcla bitum. caliente	10		5	10		5	10		5
Lechada bituminosa		LB-2 LB-4			LB-2 LB-4			LB-2 LB-4	
Mezcla bitum. en frío									
Grava-emulsión		15	9		15	9		18	12
Zahorra Artificial	40	20	20	30	20	20	20		
Zahorra Natural		20	20						
Explanada:	E1			E2			E3		

SECCIONES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN PARA TRÁFICO T42									
Sección nº:→ Material: ↓	Ref. 4211	ATEB 421-1	ATEB 421-2	Ref. 4221	ATEB 422-1	ATEB 422-2	Ref. 4231	ATEB 423-1	ATEB 423-2
Mezcla bitum. caliente									
Lechada bituminosa	LB-2	LB-2	LB-2	LB-2	LB-2		LB-2	LB-2	
Mezcla bitum. en frío	5			5		4	5		4
Grava-emulsión		9	12		8	8		12	8
Zahorra Artificial	35	25		25	20		20		
Zahorra Natural			25			20			
Explanada:	E1			E2			E3		

SECCIONES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN PARA TRÁFICO T43									
Sección nº:→ Material: ↓	sin Ref.	ATEB 431-1	ATEB 431-3	sin Ref.	ATEB 432-1	ATEB 432-3	sin Ref.	ATEB 433-1	ATEB 433-3
Mezcla bitum. caliente									
Lechada bituminosa		LB-3	LB-3		LB-3	LB-3		LB-3	LB-3
Mezcla bitum. en frío		5			4			4	
Grava-emulsión			9			10			9
Zahorra Artificial		25			20			20	
Zahorra Natural			25			20			
Explanada:	E1			E2			E3		

4 FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DE LA GRAVA-EMULSIÓN.

4.1 Fabricación.

Se fabrican con el mismo tipo de planta que las mezclas abiertas en frío (MAF) con la inclusión de un tanque para la dosificación del agua de preenvuelta. Tradicionalmente en plantas de aglomerado en frío, aunque en ocasiones se fabrican con plantas en caliente. La simplicidad y economía de las primeras las hacía muy recomendables para esta técnica. En la figura 6, se muestra el

esquema de una planta típica de fabricación de MAF.

En general constan de los siguientes elementos:

- Acopios de árido.
- Tolvas de áridos.
- Cintas transportadoras.
- Cajón mezclador.
- Tanque de emulsión.
- Bomba de emulsión.
- Pulverizadores de emulsión

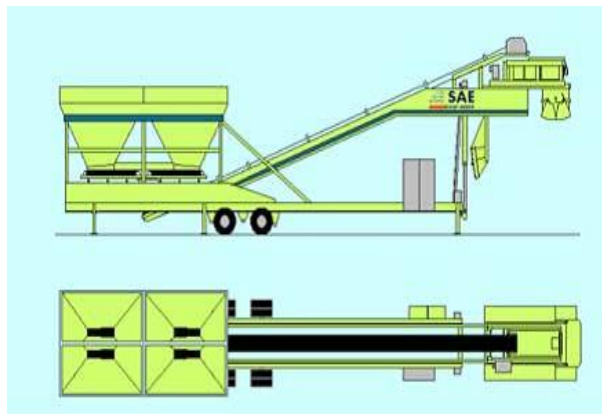


Figura 6.- Esquema de una planta de fabricación simple de MAF.

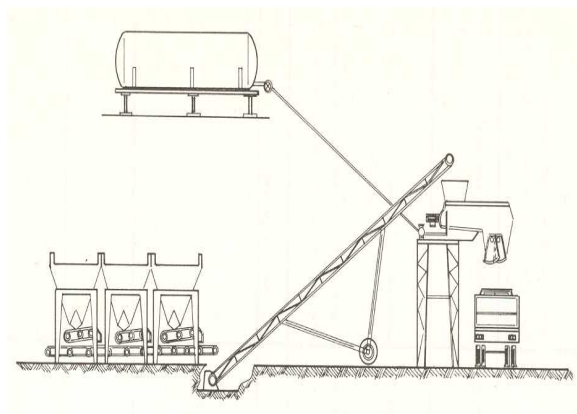


Foto 2.- Planta de fabricación moderna de MBF

Las plantas modernas de fabricación de MBF permiten fabricar de 100 a 200 toneladas / hora de mezcla en frío. Son transportables o fijas. Presentan sistemas de dosificación ponderal. Una o dos cintas. Uno o dos mezcladores. Dosificador volumétrico de agua, aditivos y emulsión. Dosificador ponderal de filler de aportación. Cabina con control de todos los elementos de dosificación y alguno de los procesos de mezclado que se describirán a continuación.

En Francia, en los últimos dos años se han suministrado, por uno de los fabricantes, tres plantas de fabricación de MBF con capacidad de producción superior a las 150 toneladas por hora.

Es evidente que si se pretende desde las técnicas en frío ofrecer materiales similares a las mezclas en caliente, además de las características de los materiales hay que ofrecer capacidad de producción, fiabilidad y costes similares. Los costes una vez más están muy condicionados por la capacidad de producción de la instalación.

En el mercado existen hoy en día plantas de fabricación de mezclas en frío que ofrecen

una capacidad de producción y un adecuado nivel de control durante la producción similar al de las mejores plantas en caliente. Este ha sido un avance significativo en los últimos años.

La planta debe disponer, en cualquier caso, de los siguientes elementos:

- **Dispositivos de abastecimiento y de dosificación de componentes.**

- o Abastecimiento de áridos

Se debe utilizar un número de tolvas dosificadoras por lo menos igual al número de áridos almacenados. Para la GE1, el mínimo será de tres.

Los sistemas de control y la capacidad de producción han evolucionado de manera extraordinaria, hacia plantas, móviles o fijas, dotadas con tres o cuatro tolvas para componer y clasificar adecuadamente la composición granulométrica proyectada. Dotada con sistemas de pesada en línea y comandadas por una cabina de control totalmente similar a la de una planta en caliente.

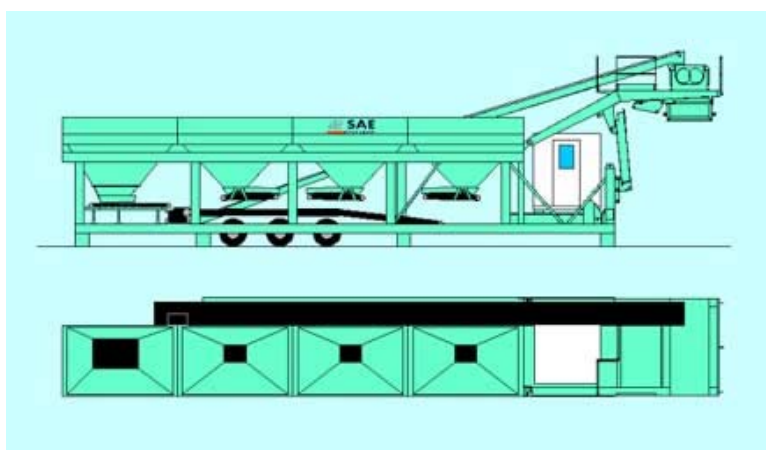


Figura 7.- Esquemas de una planta de fabricación moderna de MBF

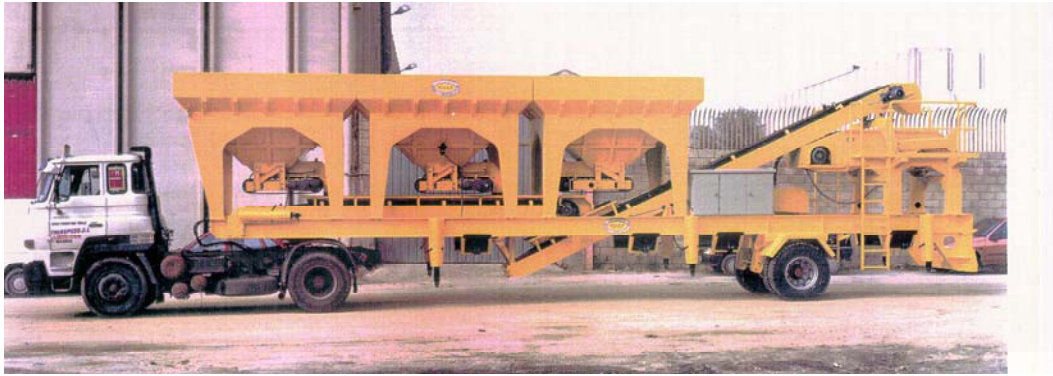


Foto 3.- Planta móvil de fabricación.

- o Dosificación de agua de preenvuelta y/o aditivos.

El contenido de agua en la fabricación debe ser el mínimo necesario para la correcta dispersión de la emulsión y para que la envuelta sea óptima a la salida del mezclador. En la práctica para respetar el contenido óptimo de agua es necesario conocer la humedad natural de los áridos acopiados.

En las plantas modernas el proceso de envuelta del árido fino es independiente del árido grueso. La alimentación de árido es mediante dos cintas paralelas con uno o dos mezcladores para uno o dos tipos de emulsiones. En la cinta del árido fino y previo a la adición de la/s emulsion/es en ciertas plantas existe la posibilidad de un aditivo para un mejor control de la rotura. De forma similar a como sucede en la fabricación de lechadas bituminosas.

- o Abastecimiento y dosificación de la emulsión.

El dispositivo de dosificación y de distribución de la emulsión incluye siempre una bomba volumétrica o ponderal y una rampa de reparto con grandes difusores, con capacidad para una dotación que dependiendo del estudio previo del laboratorio suele oscilar entre el 5,5 y el 7% de emulsión sobre árido seco.

- **Dispositivo de mezcla.**

El mezclador convencional es del mismo tipo que el mezclador continuo de las plantas de fabricación de aglomerado en caliente, las diferencias fundamentales radican en una inclinación mayor del mezclador y una mayor velocidad de rotación de los ejes (100 a 200 vueltas por minuto).



Foto 4.- Detalle de las paletas de un mezclador

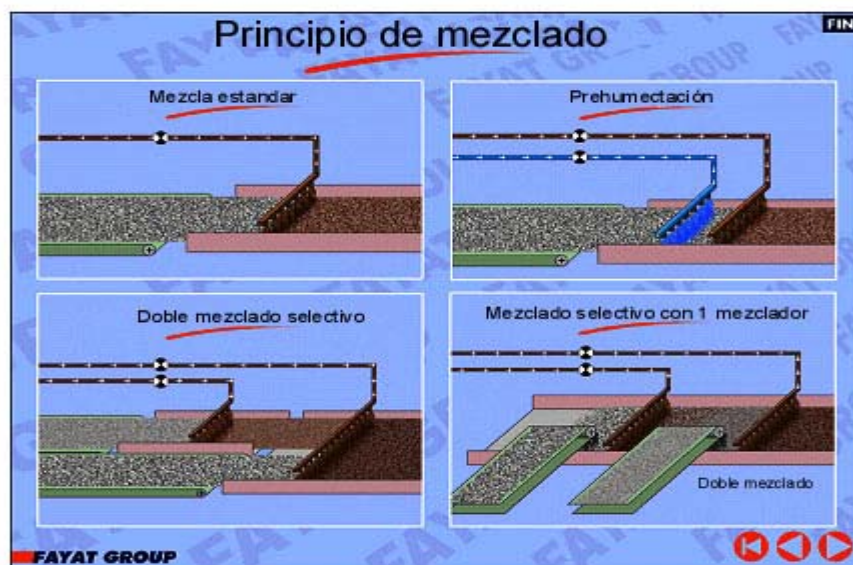


Figura 8.- Procesos de envuelta existentes para plantas de grava-emulsión

Los dispositivos de fabricación de mezclas en frío han evolucionado notablemente.

Desde el punto de vista del proceso de mezclado se pueden destacar cuatro tipos:

- Proceso de envuelta standard.
- Proceso de envuelta con prehumectación.
- Proceso selectivo de doble envuelta.
- Proceso de envuelta selectivo con 1 mezclador.

Durante la fabricación, el mezclador debe trabajar de manera que los ejes queden cubiertos de material, lo que limita el riesgo de segregaciones.

- **Dispositivo de descarga.**

En la medida de lo posible, la fabricación debe realizarse manteniendo cerrada la compuerta del mezclador. Esta compuerta deberá abrirse periódicamente para que salga una cantidad mayor de grava-emulsión fabricada, lo que evita la segregación.

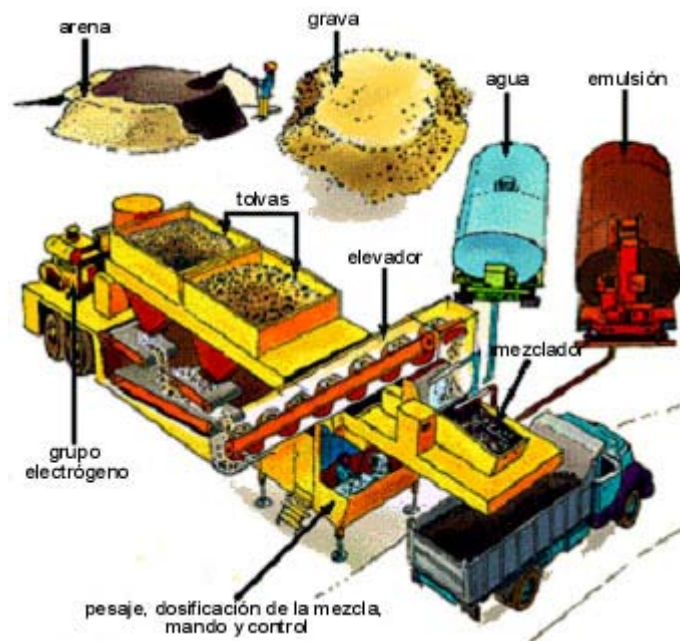


Figura 9.- Esquema del proceso de fabricación para plantas de grava-emulsión (esquema original del libro de la SFERB)



Foto 5.- Planta sencilla de fabricación de grava-emulsión



Foto 6.- Acopio de grava-emulsión

Con algunas emulsiones, especialmente formuladas, la mezcla puede almacenarse un par de meses, a condición de proteger el acopio adecuadamente para evitar la pérdida de agua. Este material es excelente para bacheo.

4.2 Puesta en obra.

4.2.1 Transporte de la grava-emulsión.

Una de las ventajas de este tipo de mezclas reside en la movilidad del equipo de fabricación. Orientativamente un traslado puede ser rentable si permite ganar 20 Km. en el recorrido, si la producción sobrepasa las 1000 toneladas.

La reducción de las distancias de transporte ocasiona las siguientes ventajas:

- Se reduce al mínimo el consumo de carburante.
- Se disminuye la longitud de los firmes fatigados por el paso de los camiones de abastecimiento, lo que constituye un ahorro económico para la colectividad.

4.2.2. Extendido.

La puesta en obra de la grava-emulsión se debe realizar con extendedora, para

asegurar con mayores garantías las exigencias de regularidad superficial, o con motoniveladora.

• Extendedora.

Presenta las siguientes ventajas:

- Mejor aspecto superficial.
- Borde mejor definido, sobre todo cuando se aplica en capas de espesor uniforme en las que hay poco riesgo de posteriores asentamientos.
- Permite alcanzar importantes rendimientos sobre todo cuando el ancho de la capa permita su aplicación en una sola pasada.
- Mejores valores de regularidad superficial, IRI

Con la extendedora por el contrario se pueden originar segregaciones, si no se toman las oportunas precauciones, cuando se utilizan composiciones granulares con tamaño superior a 20 mm. Su empleo exige una alimentación casi continua, evitando en todo momento levantar los laterales de la tolva de recepción.



Foto 7.- Proceso de extensión de grava-emulsión con extendedora

- **Motoniveladora.**

Presenta en obra una gran flexibilidad de maniobra, tanto para el abastecimiento como para el extendido y reperfilado de la mezcla. El inconveniente fundamental de esta opción radica en la enorme influencia del operador en el acabado final, es más artesanal que la extendedora.

- o Abastecimiento.

- Posibilidad de utilizar un número cualquiera de camiones.
- Posibilidad de separar la operación de descarga de la de extendido.
- Posibilidad de abastecer con antelación la obra.

- o Extensión de la mezcla.

- Extensión del material previamente colocado en cordón.
- Mezclado del material para conseguir una mezcla más homogénea o airearla.
- Reperfilados sucesivos gracias a la utilización de la motoniveladora.
- En carreteras secundarias, perfilado previo de la explanada seguido de la capa de grava-emulsión.
- Rectificación de los perfiles en el transcurso de la obra.



Foto 8.- Extensión de grava-emulsión con motoniveladora. Cordón inicial.

Conviene seguir las siguientes **recomendaciones**

- Considerar la aplicación, con extendedora, en varias capas si el espesor total después de la compactación es mayor de 12 cm o si el IRI de la capa inferior es deficiente.
- Aplicarla en una sola capa si el espesor medio es regular y no sobrepasa los 12 cm.
- En operaciones de reperfilado, es mejor utilizar la motoniveladora que la extendedora.
- Si las deformaciones son importantes y con objeto de evitar posteriores asentamientos, se debe realizar un reperfilado previo y aplicar después una capa uniforme.

- En trabajos de reperfilado, o al final de las operaciones de nivelación, se ha de inclinar la cuchilla de la motoniveladora de tal manera que las partículas gruesas de los áridos se dirijan hacia el borde y no hacia el eje. De esta forma se eliminan y evita la segregación ofreciendo un buen aspecto superficial, incluso en las juntas de cuña.
- Durante la realización de la obra, si se tiene que rectificar un perfil ha de hacerse con un espesor mínimo de 6 cm.

4.2.3 Compactación.

La compactación es una operación muy importante, tiene como objeto la densificación de la mezcla, evitando posteriores asentamientos y mejorar sus características, aumento de la cohesión y del rozamiento interno. Las propiedades mecánicas iniciales y finales de la mezcla dependen de una adecuada compactación.

Es necesario siempre, antes de iniciar la obra, realizar el tramo de ensayo para definir adecuadamente:

- el tren de compactación necesario,
- el número de pasadas necesarias para obtener la densidad de referencia definida en la fórmula de trabajo,
- la humedad de compactación

No obstante conviene recordar que los factores que impiden alcanzar unos niveles de compactación adecuados son los siguientes:

- Una humedad alta de la mezcla, un exceso de agua impide alcanzar la densidad de referencia. Las tolerancias por exceso deben ser más estrictas que por defecto.
- Una deficiente compactación por falta de carga o retraso en la aplicación de la misma.
- Esta situación se agrava si la temperatura ambiente es baja o la humedad ambiente excesiva.
- Una mala dispersión de la emulsión en la mezcla.
- Más elevado sea el índice de machaqueo de los áridos y más rugosa sea la textura de las caras de los áridos.

ATEB propone el empleo **siempre** de un compactador metálico liso y un compactador de neumáticos.

En espesores superiores a 12 cm se recomienda el empleo de un compactador de neumáticos de 35 toneladas y un metálico con vibración de 15 toneladas.

Dependiendo de las condiciones de compactación, especialmente el espesor de la capa, las cargas por rueda variaran entre 3 – 5 Tn., pudiéndose emplear un compactador vibratorio pesado.

4.2.4 Protección de la superficie.

Después de la compactación, la última capa de grava-emulsión debe protegerse con un riego de sellado o un tratamiento superficial.



Foto 9.- Equipos de compactación de grava-emulsión

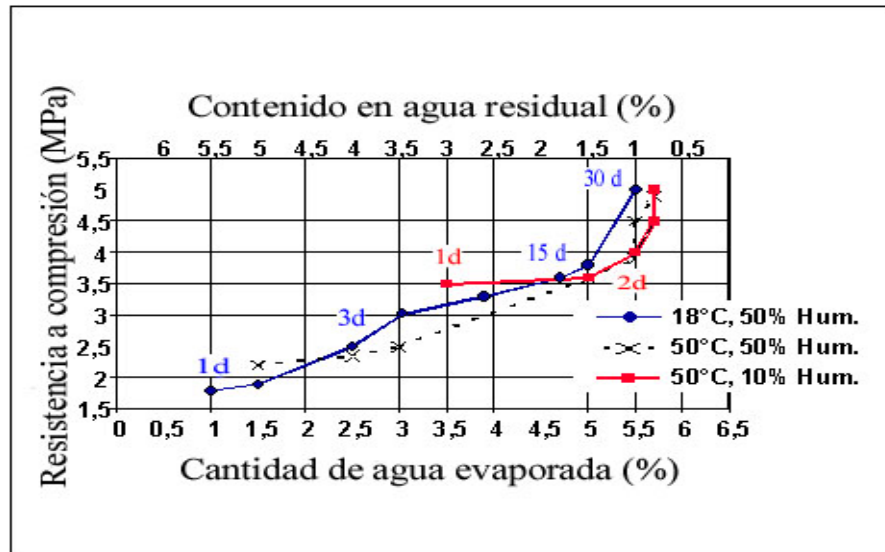


Figura 10.- Evolución de las propiedades mecánicas de la grava-emulsión con el contenido en agua y el tiempo. (Proyecto Optel)

La misión de este tratamiento es limitar los riesgos en la primera época de servicio y consiste en proteger la mezcla que todavía no ha alcanzado una cohesión superficial suficiente con el fin de que pueda resistir sin problemas los esfuerzos tangenciales del tráfico. Esta situación se agrava especialmente si existe exceso de humedad en la mezcla, bajas temperaturas, humedad ambiental o escaso tiempo entre el momento de la compactación y el de la apertura al tráfico.

Las propiedades mecánicas de la grava-emulsión aumentan, en una primera etapa, con la disminución de la humedad de la mezcla, ver figura 10, pero después de alcanzar una humedad final de entorno al 1,5 % esta sigue aumentando debido al proceso de contracción a los glóbulos de betún.

Este proceso se conoce como maduración.

Si la grava-emulsión ha sido fabricada con un árido de textura rugosa el tratamiento se puede limitar a un riego de sellado. En contra de la vieja idea, una emulsión de sellado no impide la pérdida de humedad de la mezcla. La dotación recomendada de 300 a 400

gramos por metro cuadrado, es insuficiente para impedir el proceso de evaporación. Es muy importante que la emulsión de protección no se pegue a los neumáticos porque en ese caso podría deteriorar la mezcla más que protegerla. El empleo de emulsiones termoadherentes puede ser una buena solución para evitar la pegajosidad.

Si la grava-emulsión ha sido fabricada con un árido de textura lisa el tratamiento consiste en un riego con una emulsión especial seguido de un ligero enarenado o una lechada bituminosa.

5 EJEMPLOS DE EMPLEO RECIENTES.

A modo de ejemplo puede ser de interés general el caso de la obra "Malcocinado", consistente en el acondicionamiento y mejora de la carretera provincial BA-018, Azuaga a Guadalcanal. Tramo: Malcocinado a Limite Provincia Sevilla. La obra era de la Diputación Provincial de Badajoz. La longitud total del tramo fue de 6.667 m y el tráfico T41. La cantidad de grava-emulsión empleada fue de 13.751 Tn.



Foto 10.- Aspecto final de la obra Malcocinado

SECCION ESTRUCTURAL DE PROYECTO: Sobre suelo seleccionado E-2, 30 cm de zahorra artificial, 8 cm de MBC tipo G-20 y 6 cm de MBC tipo S-12.



Figura 11.- Salida ICAFIR de la solución de proyecto en la obra Malcocinado

SECCION ESTRUCTURAL EJECUTADA: Una explanada tipo E3, 12 cm de GEA-2 y 6 cm de MBC tipo S-20, muy similar a la sección ATEB 413-3. El coeficiente de seguridad de esta solución, ver figura 12, es de más de 2.500 (ejes de cálculo dividido por ejes de proyecto), según el programa ICAFIR.



Figura 12.- Salida ICAFIR de la solución ejecutada en la obra Malcocinado



Foto 11.- Aspecto de la grava-emulsión en la obra Malcocinado

Se partía de un ancho de calzada total de 4,50 m, sin rasante uniforme y curvas, en muchos casos, de escaso radio, la topografía de la traza discurría por un terreno montañoso. La obra consistió en el acondicionamiento de la calzada mediante ensanche en cuña, ejecución de variantes y nueva rasante en prácticamente todo el trazado, por tanto se hizo necesario la ampliación y adecuación de las obras de fábrica existentes y la ejecución de nuevas en los tramos en variante, se restablecieron los accesos a fincas colindantes, concluyéndose las obras con la señalización adaptada a las actuales normas.

De reseñar la ejecución de la grava-emulsión con árido calizo y emulsión EAL-2, en espesor antes mencionado de 12 cm en una sola capa. La fabricación se realizó con planta móvil instalada en la cantera, con una producción de 1.000 Tn/día., el extendido se ejecutó con extendedora asfáltica convencional.

Los valores obtenidos en el ensayo de inmersión-compresión fueron excelentes tanto en valores absolutos obtenidos como en la resistencia de las probetas, tanto secas como sumergidas. El porcentaje de emulsión empleado fue del 4.75%.

En el año 2004 se ejecutó un firme de nueva construcción en la Ronda Norte de Cáceres, propiedad de la Junta de Extremadura. La Ronda Norte comienza en la N-630, en la glorieta del V Centenario, y termina en la N-521. El tramo II comprende los últimos tres kilómetros de toda la Ronda.

Se trata de una autovía urbana con ciertas particularidades que pretenden conseguir su integración en la ciudad, sin perjuicio de capacidad y seguridad. La longitud total de la obra es de tres kilómetros y el presupuesto de adjudicación de 9,5 millones de euros.



Foto 12.- Espesor de la grava-emulsión en la obra Malcocinado



Foto 13.- Extensión y compactación de la grava-emulsión en la Ronda Norte

El tráfico que soporta esta nueva vía es T1. La sección tipo del tronco definida en proyecto partía de explanada E2 y sobre ella:

- ✓ 25 cm de zahorra artificial.
- ✓ 15 cm de mezcla bituminosa G25 como capa de base.
- ✓ 7 cm de mezcla bituminosa D20 como capa intermedia.
- ✓ 3 cm de mezcla bituminosa discontinua F10 como rodadura.

Se propuso a la Junta de Extremadura la siguiente alternativa, que fue finalmente aceptada:

- ✓ Explanada E3 conseguida con 30 cm de suelo estabilizado con cemento tipo S-EST-3.
- ✓ 20 cm de suelo-cemento ejecutado in situ.
- ✓ 13,5 cm de grava-emulsión como capa de base.



Foto 14.- Aspecto final de la Ronda Norte

- ✓ 6 cm de mezcla bituminosa S20 como capa intermedia.
- ✓ 4 cm de mezcla bituminosa S12 como capa de rodadura.

Es la primera vez en España que se proyecta grava-emulsión bajo tráfico T1. En total se han aplicado más de 20.000 toneladas de grava-emulsión. Esta unidad de obra fue objeto de un P.A.C. (Plan de Aseguramiento de Calidad) muy estricto, además del control externo de obra.

Para permitir en el futuro el tránsito de peatones y ciclistas, se ha proyectado una berma de 5,50m de ancho junto al arcén exterior terminado en slurry rojo, fabricado con emulsión de ligante sintético pigmentado, y separado físicamente de la calzada, permitiéndose el cruce sólo en los pasos o pasarelas previstas.

Esta obra tiene además, 6 estructuras, y una pasarela peatonal de 52 m de luz.

Tanto en el proyecto como en la ejecución, se ha sido muy cuidadoso con el aspecto de la carretera, y con conseguir que sea una infraestructura que no solamente preste servicio al tráfico, sino a los vecinos y peatones de la zona.

6 CONCLUSIONES.

La orden FOM/891/2004, de 1 de marzo de 2004, derogó, entre otros el artículo 514 relativo a la “Grava-emulsión”.

En el panorama actual, existen numerosos documentos vigentes que preconizan su empleo, incluso la norma 6.3-IC, de mayo de 2002 asignando unos coeficientes de equivalencia para la “grava-emulsión” y para las mezclas abiertas en frío.

A nivel regional existen dos referencias bien conocidas: “Diseño y Construcción de Firms” de la Junta de Castilla-León, este año ha sufrido su primera revisión, y la “Instrucción para el Diseño de Firms” de la Junta Andalucía, en este momento se están ultimando los trabajos para sacar una primera revisión.

La “Instrucción para el Diseño de Firms” de la Junta Andalucía acompaña su documento del valioso programa ICAFIR que permite de una forma sencilla dimensionar adecuadamente un firme considerando, entre otras, las posibilidades de empleo de la grava-emulsión y de las mezclas bituminosas en frío.

Otras comunidades autónomas como la vasca y la extremeña están a punto de sacar documentos similares, considerando el empleo de la grava-emulsión y de las mezclas bituminosas en frío.

ATEB ha editado unos pliegos para la grava-emulsión, las mezclas bituminosas en frío y tratamientos superficiales. En la medida en que se aplique el nuevo concepto de la eco-eficacia, se inicien las exigencias legales derivadas del compromiso de Kyoto y continúe la escalada de precios del petróleo, el entorno será más favorable para el desarrollo en el empleo de las mezclas bituminosas en frío.

Las experiencias de empleo de la grava-emulsión en la rehabilitación de firmes, aunque escasas en los últimos años, han sido muy satisfactorias en términos de comportamiento y durabilidad.

Está suficientemente acreditado que el empleo de firmes flexibles, basados en el empleo de la emulsión, en capas de bases o en capas de rodadura presentan una mayor durabilidad y gastos de conservación que las soluciones convencionales, para tráfico ligero. Además de las consabidas ventajas de cada uno de estos materiales.

6.1 Argumentos a favor de la grava-emulsión

Los argumentos utilizados para el empleo de la grava-emulsión son los siguientes:

- Elevada resistencia a las deformaciones plásticas.
- Resistencia mecánica progresiva.
- Flexibilidad para adaptarse a soportes deformables.
- Capacidad de autorreparación.
- Excelente impermeabilidad.
- Excelente resistencia a la fatiga.
- Posibilidad de empleo de áridos locales.

- Buena almacenabilidad.

De estos argumentos de base se puede proponer su empleo en los siguientes campos de aplicación:

- Capas de base y subbase de firmes flexibles. El SETRA contempla su empleo.
- Capas intermedias de firmes semirrígidos. Se ha empleado en espesores mínimos de 8 cm como capa antirremonte de fisuras, entre la grava-cemento y la capa de rodadura, con resultados muy satisfactorios.
- Capas de refuerzo de firmes flexibles bituminosos. En la 6.3-IC se ha incluido este material, como se ha mostrado anteriormente, para la rehabilitación estructural para tráfico T2 a T4. En el documento de la Junta de Castilla y León se especifica que todos los refuerzos deben hacerse con grava-emulsión para tráfico T4.
- Diseño de firmes de nueva construcción sobre suelo-cemento. Existe un empleo creciente de secciones de firmes con suelos estabilizados con cemento y/o suelo-cemento. El empleo de la grava-emulsión sobre estos materiales minimiza de forma muy notable los gastos de conservación de estos firmes.
- Reperfilados y ensanches. Es quizás el material mejor adaptado para esta aplicación.
- Bacheos y reparaciones localizadas.

6.2 Líneas de desarrollo. Desafíos inmediatos.

La grava-emulsión no es únicamente una respuesta adecuada para tráfico ligero. Es preciso profundizar en las posibilidades de empleo para tráfico más pesado. Muy recientemente, octubre de 2004, se ha inaugurado por parte de la Junta de Extremadura, la Ronda Norte de Cáceres, la primera obra de nueva construcción, tráfico

T1, basada en el empleo de grava-emulsión. Existen referencias y es precisa una labor de cooperación técnica para poder determinar exactamente los límites de la técnica. Existen nuevos materiales y nuevos conceptos estructurales que permiten hacer reflexiones en este sentido.

La sensibilidad actual derivada del crecimiento sostenible y de la necesidad de disponer de técnicas de construcción amigables con el medio ambiente (E.F.C.T.) obliga a un esfuerzo adicional. Las mezclas en caliente empiezan a estar seriamente condicionadas y se abre una oportunidad para las mezclas en frío que es preciso aprovechar.

Es preciso establecer una metodología universal de diseño específica para las mezclas bituminosas en frío. Esta labor está siendo abordada desde distintos centros de investigación y una labor de investigación pre-normativa parece necesaria.

La maquinaria de fabricación de las mezclas en frío es más simple que la de las mezclas en caliente pero deben garantizar unos niveles de calidad y exigencia en el control de producción en planta (F.P.C.) similares a los de las plantas en caliente actuales.

Parece razonable coordinar los esfuerzos de promoción a nivel nacional e internacional y en este sentido desde IBEF y desde todas y cada una de las asociaciones nacionales de promoción de la emulsión bituminosa, ATEB en España, sería muy importante coordinar y distribuir la información que pueda ser objeto de desarrollo en otros países así como crear foros de debate y bases de datos donde se puedan localizar fácilmente referencias de empleo en otros países. La gestión del conocimiento es una herramienta de primera importancia para la promoción de la técnica.

Se percibe un nuevo empuje a juzgar por las iniciativas, publicaciones, investigaciones e innovaciones desarrolladas en los últimos años. La sensibilidad hacia las técnicas en frío parece mayor gracias a una mayor sensibilidad medio ambiental. Es preciso encauzar y coordinar adecuadamente los esfuerzos y sólo desde la colaboración

científica, técnica y de promoción se pueden obtener progresos significativos.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. K. Takamura, "Microsurfacing for preventive maintenance: eco-efficient strategy", AEMA/ISSA 2001, San Diego (California).
2. A. Bardesi y R. Tomás (ATEB), "Diseño de pavimentos para carreteras de media y baja intensidad de tráfico empleando técnicas en frío", VI Congreso Nacional de Firms, pgs 331-336, León 24 a 27 de mayo de 2004.
3. J.J. Potti, "Empleo de mezclas abiertas en frío y de grava-emulsión en la rehabilitación estructural", Jornada Técnica sobre Rehabilitación de Firms con pavimentos asfálticos, Madrid, 16 de noviembre de 2004.
4. D. Lesueur y J.J. Potti, "Cold mix design: a rational approach based on the current understanding of the breaking of bituminous emulsions", European Asphalt Technology Association (EATA), Nottingham 6 a 7 de Julio de 2004.
5. Pliego de Grava-emulsión elaborado por ATEB y coordinado por D. Miguel Ángel del Val Melus



Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas

C/ San Severo, 18
28042 – Madrid (España)
Teléfono : 91/329.17.37
Fax : 91/329.28.66

E-mail : secretaria.j.rincon@ateb.es

www.ateb.es