



**Mezclas Templadas con  
Emulsión Bituminosa:  
Solución Ecoeficiente para  
firmes de Carreteras**

FRANCISCO LUCAS  
@curro\_lucas

Cáceres  
4 de Abril de 2017



## Técnicas de Pavimentación con Emulsión Bituminosa: Adaptadas al Cambio Climático



Proyecto desarrollado por el Grupo de Trabajo 2 de ATEB: Proyecto TRACC-SUDOE  
Coordinado por Daniel Andaluz (ATEB)



# MONOGRAFÍA DE MEZCLAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN BITUMINOSA

Elaborada por el Grupo de Trabajo 3 de ATEB:  
Mezclas Templadas  
Coordinado por Jacinto L. García (Sacyr)

## Comité Técnico de ATEB

M<sup>a</sup> del Mar Colas (Directora C.T. – CEPSA)

Lucía Miranda

Daniel Andaluz (ATEB)

Jacinto L. García (Sacyr)

Santiago Gil (Ditecpesa)

Nuria Uguet (Probisa)

Francisco Lucas (Repsol)

MEZCLAS TEMPLADAS  
CON EMULSIÓN  
BITUMINOSA

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS  
(ATEB)



ATEB



#CáceresATEB



## ÍNDICE

- 1.- Introducción
- 2.- Clasificación de las mezclas en función de las temperaturas de fabricación
- 3.- Cualidades de las mezclas
- 4.- Mezclas Templadas
- 5.- Mezclas Templadas Recicladas
- 6.- Mezclas Templadas: Maquinaria
- 7.- Requisitos Reglamentarios
- 8.- Conclusiones





## 1.- ¿POR QUÉ REDUCIR TEMPERATURAS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS?

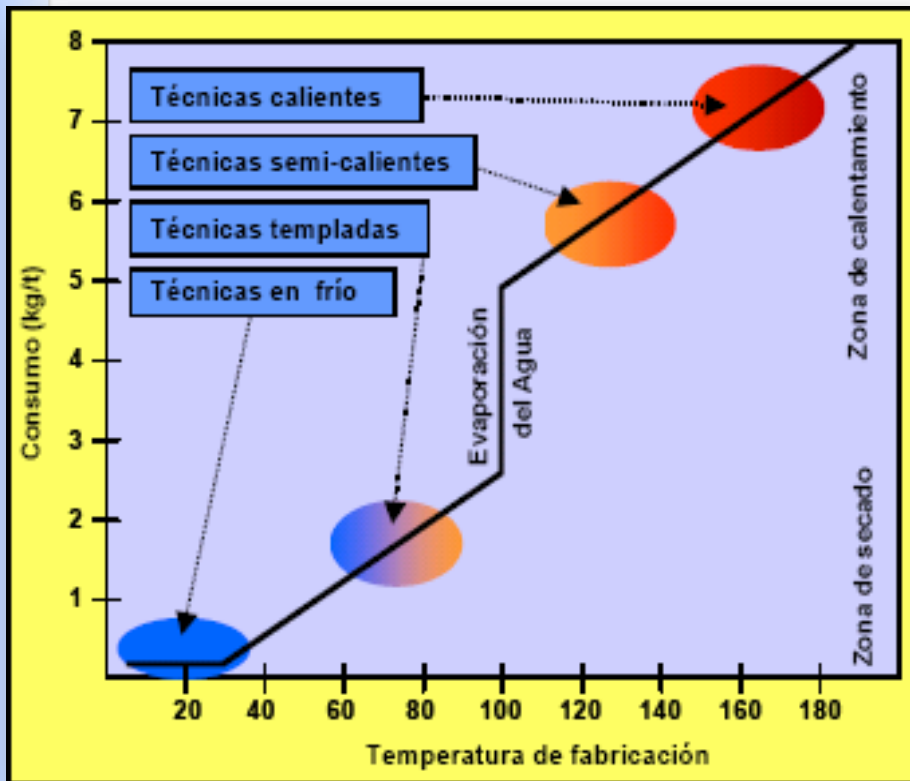
- Concienciación para el cumplimiento del protocolo de Kyoto sobre reducción de emisiones
- Reducción de los consumos energéticos
- Implicación de las empresas por el ahorro energético, emisiones y seguridad laboral
- Reglamento N° 305/2011 que añade un nuevo requisito esencial:

**“Utilización sostenible de los recursos naturales”**





## 2.- CLASIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS EN FUNCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE FABRICACIÓN



- ❑ Mezclas calientes (“*hot mixes*” *asphalt HMA*)  $>140^{\circ}$
- ❑ Mezclas semicalientes (“*warm mixes*” *asphalt WMA* ó “enrobes tièdes”  $>100^{\circ}$ -  $140^{\circ}$
- ❑ Mezclas templadas (“*half-warm mixes*” *asphalt WMA* ó “enrobes semi-tièdes”  $<100^{\circ}$  -  $>60^{\circ}$
- ❑ Mezclas en frío (“*cold mixes*” *asphalt* ó “enrobes a froid”)  $T^{\circ}$  Ambiente



## 3.- CUALIDADES DE LAS MEZCLAS

### MEZCLAS EN FRÍO

- ❑ La emulsión es un producto manejable a temperatura ambiente.
- ❑ Las técnicas en frío tienen huellas medioambientales bajas.
- ❑ Las mezclas en frío, históricamente, han sido muy consideradas por su gran comportamiento mecánico frente a superficies deformables (al menor coste posible)

FLEXIBILIDAD

MENOR T<sup>a</sup>



### MEZCLAS EN CALIENTE

- ❑ Las mezclas en caliente aportan buenos módulos de rigidez a los firmes no exentos de flexibilidad, permitiendo diseños de mezcla para los tráficos más severos.
- ❑ El calentamiento de la mezcla permite el uso de ligantes viscosos asegurando la envuelta.

RIGIDEZ

ABUNDANCIA  
PLANTAS

**Las mezclas templadas, pretender aunar las cualidades de las mezclas en frío y las mezclas en caliente**



#CáceresATEB



## 4.- MEZCLAS TEMPLADAS: DEFINICIÓN

- Son aquellas mezclas, abiertas o cerradas, que son fabricadas con emulsión bituminosa, y en las que es necesario el calentamiento de los áridos, en función de la granulometría deseada, previamente a la mezcla con ambos materiales
- Temperatura de fabricación:  $80^{\circ}\text{C} < T^{\text{a}} < 100^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de extendido
  - Mezclas abiertas:  $> 40^{\circ}\text{C}$
  - Reciclados y mezclas cerradas:  $> 60^{\circ}\text{C}$
- Obras realizadas
  - Drenantes
  - Reciclados
  - Cerradas





## MEZCLAS TEMPLADAS: TIPOS

### MEZCLAS ABIERTAS TEMPLADAS

- Granulometrías con alto contenido de huecos en mezcla
- Pretenden mejorar las prestaciones de las mezclas abiertas en frío para la apertura inmediata al tráfico

### MEZCLAS CERRADAS TEMPLADAS

- Granulometrías con bajo contenido de huecos, tipo AC G,S ó D
- Módulos cercanos a las mezclas en caliente, con buena resistencia a la fatiga



## MEZCLAS TEMPLADAS: ASPECTOS RELEVANTES

- Empleo de emulsiones catiónicas estables adaptadas a las características de los áridos
- Evaluación compatibilidad árido-emulsión
- Conseguir una buena envuelta árido-betún residual
- Control de la velocidad de rotura de la emulsión
- Control de la humedad final de la mezcla
- Posibilidad de empleo de material recuperado en porcentajes de hasta el 100%
- Adaptación a cualquier granulometría de mezcla
- Potencialmente aplicable en cualquier capa y tipo de firme





## MEZCLAS TEMPLADAS: EMULSIONES

- ❑ Mezclas templadas de granulometría cerrada

**C65B3 MBC-C65B4 MBC**

- ❑ Mezclas templadas de granulometría abierta

**C67BF3 MBA-C70BF3 MBA  
C67BPF3 MBA-C70BPF3 MBA**

- ❑ Mezclas templadas recicladas

**C60B5 REC**



**“Recomendaciones según la norma UNE EN 13808/1M”**



## MEZCLAS TEMPLADAS: FÓRMULA DE TRABAJO

- Características de los materiales: Áridos y Emulsión
- Metodología de secuencia de dosificación
- Criterios para la preparación de probetas:
  - Acondicionamiento
  - Compactación Giratoria
- Criterios para la ejecución de los ensayos de control





## MEZCLAS TEMPLADAS: CONTROL DE FABRICACIÓN

- Temperaturas de los materiales
- Secuencia de introducción de los materiales
- Humedad final de la mezcla
- Control de la temperatura final de la mezcla





## MEZCLAS TEMPLADAS: PLANTAS DE FABRICACIÓN

### □ Empleo de plantas de mezclas en caliente con modificaciones

- Conductos para dosificación de la emulsión
- Salida de vapor de agua
- Aseguramiento de la Tª de los áridos
- Control del Fíller de recuperación



### □ Empleo de plantas específicas para la fabricación de Mezclas Templadas





## 5.- MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS

- Se define como Mezcla Templada Reciclada con emulsión bituminosa, la mezcla homogénea del material resultante del fresado de una o más capas de mezcla bituminosa de un firme, emulsión bituminosa como ligante, según los casos árido virgen y, eventualmente, aditivos; convenientemente extendida y compactada.
- El proceso de fabricación de la mezcla se realizará a temperatura inferior a 100°C, permitiendo su almacenamiento siempre que se realice la extensión y compactación a una temperatura superior a los 60°C.
- No precisará un período de maduración.



## **MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: CLASIFICACIÓN SEGÚN CANTIDAD DE MRMB**

### Mezcla Templada Reciclada de tasa media

- Porcentaje de material recuperado  $> 20\%$  y  $< 50\%$

### Mezcla Templada Reciclada de tasa alta

- Porcentaje de material recuperado  $> 50\%$  y  $\leq 80\%$

### Mezcla Templada Reciclada de tasa total

- Porcentaje de material recuperado  $\geq 80\%$





## MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: PLANTAS DE FABRICACIÓN

### En Central:

- Adaptación de Plantas en caliente
- Contemplar todo lo relativo a lo expuesto en mezclas templadas con árido virgen ( $T^a$ , conductos, fíller)
- Tasa alta y total: Aseguramiento de clasificación y calentamiento del MRMB (Desarrollos modulares específicos)

### In Situ:

- Viable
- Menor control granulométrico y  $T^a$





## MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: MATERIALES

- ❑ Emulsión bituminosa: “Ad Hoc” en función de
  - ❑ Tasa de MRMB en la Mezcla
  - ❑ P y A&B del ligante envejecido del MRMB

### C60B5 REC (Como Referencia)

- ❑ Material recuperado de mezcla bituminosa (MRMB)
- ❑ Árido virgen (según la cantidad de MRMB adicionado, tipo y granulometría de mezcla)





## 6.- MEZCLAS TEMPLADAS: MAQUINARIA

- ❑ En todo tipo de mezclas templadas y para la puesta en obra
  - Camiones volquete de caja lisa
  - Extendedora autopropulsada
  - Compactador de rodillo metálico (> 15 t)
  - Compactador neumático (> 35 t)
  
- ❑ Además para Mezclas Templadas Recicladas
  - Fresadora





## 7.- MEZCLAS TEMPLADAS: REQUISITOS REGLAMENTARIOS

El Mercado CE no es de aplicación a las mezclas templadas (de momento)

Existen unas recomendaciones para la redacción de Pliegos de Especificaciones Técnicas para el uso de mezclas bituminosas a bajas temperaturas:

<http://www.aopandalucia.es/inetfiles/agenciaestructura/442012132549.pdf>

Monografía de Mezclas Templadas con Emulsión Bituminosa ATEB





## 8.- MEZCLAS TEMPLADAS: CONCLUSIONES

- Mejoras medioambientales por la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero
- Mejoras económicas por disminución en el consumo de combustibles fósiles en calentamiento de los áridos.
- Mejora en la seguridad laboral de los trabajadores.
- Posibilidad de aumento de la distancia de transporte por menor gradiente de pérdida de Tª
- Moderado envejecimiento prematuro del betún residual de la emulsión durante la fabricación de la mezcla.
- Propiedades semejantes a las mezclas en frío evitando los tiempos de curado de éstas.





## MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: CONCLUSIONES

### Frente al Reciclado en Caliente

- Potencial aprovechamiento del 100% del material fresado
- Menor consumo energético

### Frente al Reciclado en Frío

- Mejora las resistencias en seco y tras inmersión respecto a sus equivalentes Tipos I, II y III según tasa de empleo de MRMB
- Mejora la resistencia conservada
- Mayor densidad que da lugar a menores huecos
- No precisaría de riego de protección
- No precisaría de periodo de maduración





**MUCHAS GRACIAS  
POR SU ATENCIÓN**



[www.ateb.es](http://www.ateb.es)



#CáceresATEB