



 #AndaluciaATEB



Mezclas bituminosas templadas con emulsión

Autor: M^a del Mar Colás Victoria



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



JORNADA SOBRE SOLUCIONES SOSTENIBLES PARA FIRMES DE CARRETERAS
Sevilla 21 de junio de 2017



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



¿POR QUÉ REDUCIR TEMPERATURAS EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS?

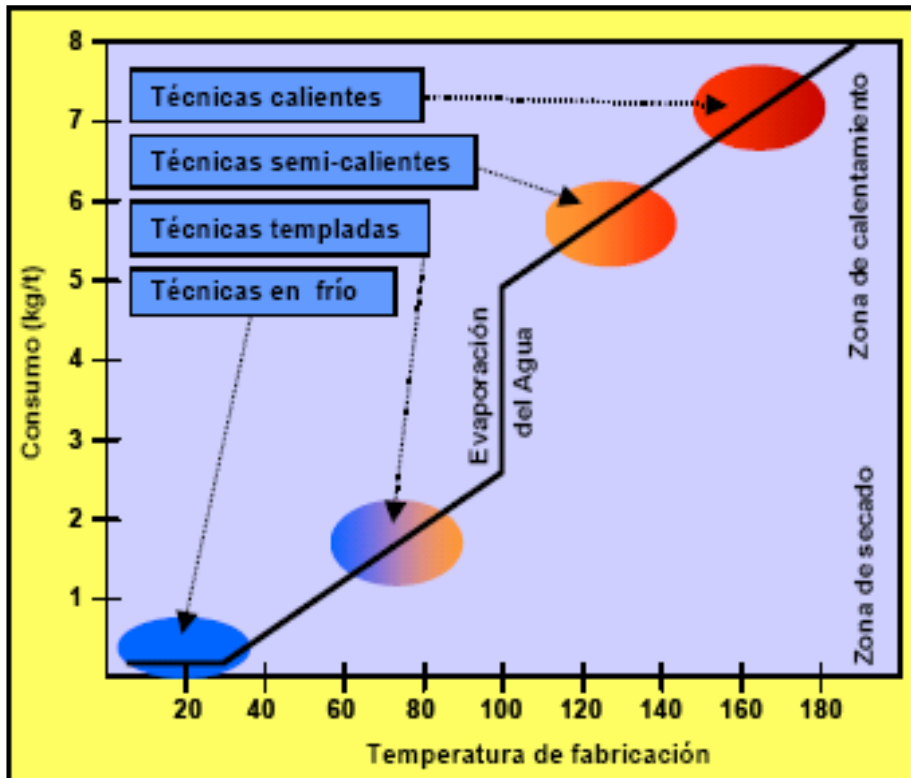
- ☐ Concienciación sobre reducción de emisiones
- ☐ Reducción de los consumos energéticos
- ☐ Menor envejecimiento del ligante en la fabricación: mayor durabilidad
- ☐ Implicación de las empresas por el ahorro energético, emisiones y seguridad laboral
- ☐ Reglamento N° 305/2011 que añade un nuevo requisito esencial:

“Utilización sostenible de los recursos naturales”



#AndaluciaATEB

CLASIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS EN FUNCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE FABRICACIÓN



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



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



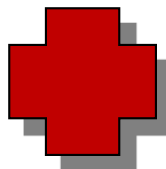
CUALIDADES DE LAS MEZCLAS

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^a



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



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



☐ Descarga gratuita en www.ateb.es

☐ Participación de más
de 20 técnicos

☐ En desarrollo los anexos de:

- Producción de MBT
- Diseño de MBT



MEZCLAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN BITUMINOSA

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS
(ATEB)



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS

- ☐ 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: entorno a los 100 °C
- ☐ Temperatura de extendido
 - Mezclas abiertas: > 40 °C
 - Mezclas cerradas: > 60 °C





Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



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 extienda y compactación a una temperatura superior a los 60 °C.

☐ No precisará un período de maduración.



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: CLASIFICACIÓN SEGÚN CANTIDAD DE MRMB

☐ Mezcla Templada Reciclada de tasa media

- Porcentaje de material reciclado $> 15\%$ y $< 50\%$

☐ Mezcla templada Reciclada de tasa alta

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

☐ Mezcla Templada Reciclada de tasa total

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



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: CLASIFICACIÓN SEGÚN FABRICACIÓN

❑ Reciclado en Central

- Cuando se obtiene la mezcla reciclada en centrales calientes fijas, continuas o discontinuas



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: CLASIFICACIÓN SEGÚN FABRICACIÓN

❑ Reciclado “in situ”

- Se realiza la operación completa de reciclado sobre el firme a tratar empleando centrales autopropulsadas



 #AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: EMULSIONES

☐ Mezclas templadas de granulometría cerrada

C65B3 MBC - C65B4 MBC

☐ Mezclas templadas de granulometría abierta

C67BF3 MBA-C67BPF3 MBA

C70BF3 MBA-C70BPF3 MBA

☐ Mezclas templadas recicladas

C60B5 REC

“Contempladas en el Anexo Nacional UNE EN 13808/1M”



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: BUENAS PRÁCTICAS DISEÑO EN LABORATORIO

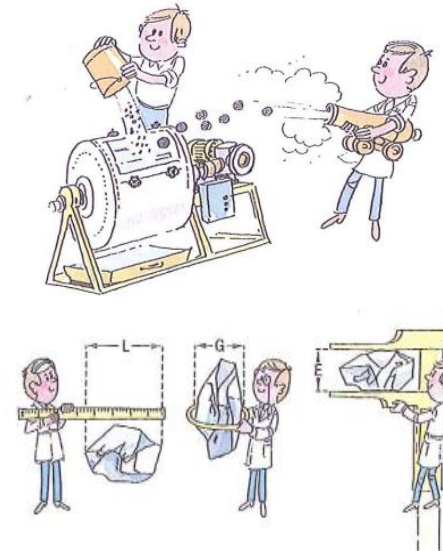
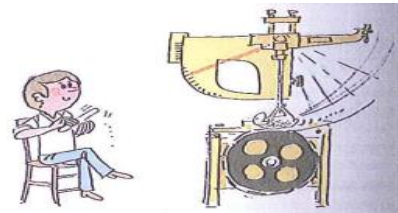
□ Áridos

Dureza y CPA

Forma y Angulosidad

Limpieza

Elección de la granulometría correcta



 #AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: BUENAS PRÁCTICAS DISEÑO EN LABORATORIO

☐ **Material recuperado de mezcla bituminosa (RAP/MRMB)**

Triturado y clasificación (2-3 fracciones)

Conocer su granulometría

Contenido y características del ligante

Humedad

 **#AndaluciaATEB**



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: BUENAS PRÁCTICAS DISEÑO EN LABORATORIO

☐ Correcta selección de la emulsión bituminosa.

CRITERIOS:

Naturaleza de los áridos.

Cantidad de finos

Penetración del ligante envejecido

Intensidad del tráfico

Zona térmica estival



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: BUENAS PRÁCTICAS DISEÑO EN LABORATORIO

- ☐ Determinación de las propiedades mecánicas
Compactación de probetas con prensa giratoria

Recomendación de redacción de pliegos de mezclas a
baja temperatura AOPJA

Monografía de ATEB

Presión de consolidación de 600 KPa.

Ángulo interno de $0,82^\circ$

Que la mezcla obtenga la densidad y huecos requeridos
¿50 giros?



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: BUENAS PRÁCTICAS

DISEÑO EN LABORATORIO MEZCLAS TEMPLADAS

☐ Mezclas templadas abiertas

Tiempo de envuelta 60 -120 s.

Valorar la trabajabilidad

Ensayo de cántabro ($\leq 25\%$ en húmedo y $\leq 15\%$ en seco)

☐ Mezclas templadas cerradas

Tiempo de envuelta 60 -120 s.

Valorar la trabajabilidad

Sensibilidad al agua, deformaciones plásticas
(recomendable rigidez)

☐ Temperaturas de fabricación entorno 100 °C

Áridos/MRMB entorno 90 – 110 °C

Emulsión bituminosa entorno a los 60 °C.

☐ Temperatura de compactación 60 – 80 °C



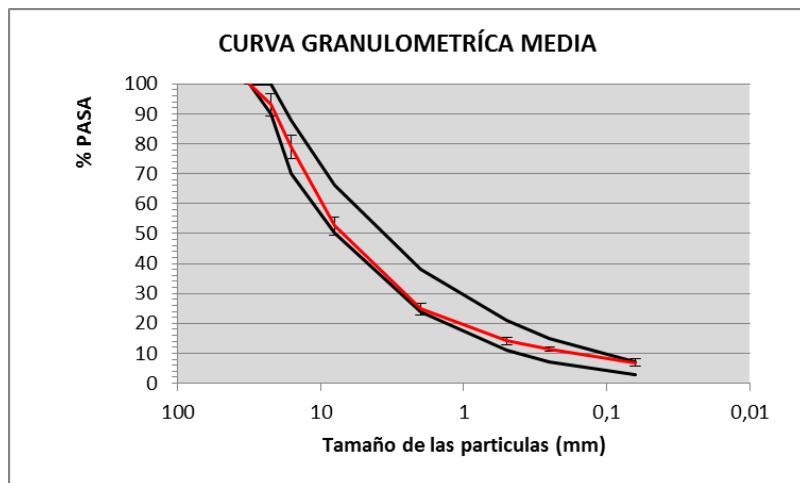
#AndaluciaATEB

MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: DISEÑO EN LABORATORIO

□ Determinación de las propiedades mecánicas

Compactación por impacto (75 golpes/cara)

AC22S (7% filler)



FRACCIÓN ÁRIDO	% DOTACION (EN MASA S/A)
Fresado 0/8 mm	18
Fresado 8/14 mm	42
Fresado 14/32 mm	20
Árido grueso caliza 12/20 mm	10
Árido grueso caliza 20/40 mm	10
% ligante viejo	2.7
% emulsión	3.5
% ligante final	4.8±0.4

MODULO DE RIGIDEZ (UNE-EN 12697-26, ANEXO C)

Densidad aparente Mg/m ³	Modulo (MPa)
2,375	4120

ADHESIVIDAD ÁRIDO-LIGANTE, mediante el ensayo de Inmersión-compresión (NLT-162)

Descripción	Ud.	Probetas Secas	Probetas Húmedas
Densidad aparente media (s.s.s.)	kg/m ³	2,372	2,380
Resistencia a compresión (NLT-162):	MPa	5,0	4,0
Resistencia conservada:	%	80	



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: SEGUIMIENTO TESTIGOS

De
de la

Nº testigo	PK.	Altura (mm)	densidad s.s.s. (Mg/m ³)	% compactación (D.ref. 2,428) Impacto (75x)	% compactación (D.ref. 2,435) Giratoria (50 g)	% compactación (D.ref. 2,397) Compresión simple (6t)
1	3+600	62,50	2,490	103%	102%	104%

a

Nº	PK.	densidad s.s.s. (Mg/m ³)	Modulo Rigidez (MPa)
1	3+600	2,490	5.349

De

Nº testigos	Sensibilidad al agua				
	Densidad media s.s.s. (Mg/m ³)	Densidad media s.s.s. (Mg/m ³)	RTI seco (MPa)		RTI húmedo (MPa)

ITSR (%)

	Característica	Resultado
MEDIA	PENETRACIÓN, 25 °C. 0.1 mm PUNTO DE REBLANDECIMIENTO, °C	28 65,5

10'	7+120	2,389	2.320
11'	7+490	2,317	1.281
12'	7+925	2,325	1.629
	MEDIA	2,393±0,056	3325±1715

11	7+490	53,50	2,319	96%	95%	97%
11'		57,20	2,317	95%	95%	97%
12	7+925	48,70	2,344	97%	96%	98%
12'		57,40	2,325	96%	95%	97%
	MEDIA	57,50±9,1	2,395±0,054	99%	98%	104%

aATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: SEGUIMIENTO TESTIGOS

de

Nº testigo	PK.	Altura (mm)	densidad s.s.s. (Mg/m3)	% compactación (D.ref. 2,428) Impacto (75x)	% compactación (D.ref. 2,435) Giratoria (50 g)	% compactación (D.ref. 2,397) Compresión simple (6t)
Nº		PK.		densidad s.s.s. (Mg/m3)		Modulo Rigidez (MPa)
11		3+600		2 362		5 273
	Sensibilidad al agua					
	Densidad media s.s.s. (Mg/m³) seco	Densidad media s.s.s. (Mg/m³) húmedo	RTI seco (MPa)		RTI húmedo (MPa)	ITSR (%)
	Característica			Resultado		
MEDIA			PENETRACIÓN, 25 °C. 0.1 mm		24	
			PUNTO DE REBLANDECIMIENTO, °C		65,4	
		MEDIA		2,372±0,068		2900±1981



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



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



❑ Empleo de plantas específicas para la fabricación de Mezclas Templadas



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS ABIERTAS Y CERRADAS: FABRICACIÓN I

- ☐ Carga de árido. Desechar los 15 cm inferiores del acopio
- ☐ Las tolvas deben contener el 75% de árido/MRMB
- ☐ Secuencia semejante de fabricación de MBC

 #AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS ABIERTAS Y CERRADAS: FABRICACIÓN II

- ☐ Entrada de los materiales al mezclador:
Áridos/MRMB – Emulsión bituminosa – Filler
- ☐ Temperaturas: las de la fórmula de trabajo.
- ☐ Temperatura de la mezcla a la salida del mezclador $< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS RECICLADAS: FABRICACIÓN III

- ☐ Igual que las mezclas templadas abiertas y cerradas
- ☐ Planta de fabricación:

Dispositivos de dosificación de MRMB

Calentamiento del MRMB (s/tasa):

Aporte directa de calor

Transferencia de calor

Combinación de ambos métodos



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



❑ CON ALTA TASA DE MRMB

❑ Planta de fabricación:

Dispositivos de dosificación de MRMB

El calentamiento del MRMB: Evitar el aporte directo de calor



*Foto 5. Planta continua flujo paralelo
con anillo MRMB*



*Foto 6. Tambor calentador de flujo
paralelo, específico para MRMB*



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



❑ CON TASA TOTAL DE MRMB

❑ Planta de fabricación:

Dispositivos de dosificación de MRMB

El calentamiento del MRMB: Aporte indirecto de calor
(Sobrecalentando los áridos)

Secuencia de fabricación: áridos – MRMB – Emulsión – Filler



Fig 7 .Esquema planta discontinua con adición con control ponderal de MRMB frío al mezclador y sistema de extracción del vapor generado.



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: TRANSPORTE

☐ Camiones de caja lisa

Limpia y tratada con un agente jabonoso
Disponer de lonas para cubrir la caja

☐ Ventaja de las templada

Mezclas más transportables
(Gradiente de temperatura menor)



Foto 10. Bañera con MBTE. Ausencia de humos



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: PUESTA EN OBRA

- ☐ Comprobar el estado de la superficie
Deterioros, limpieza, irregularidad...etc
- ☐ Aplicar un riego de imprimación
Sobre base con conglomerante hidráulico o
capa granular
- ☐ Aplicar un riego de adherencia
No recomendable termoadhrentes
- ☐ Extendido y compactado con equipos
convencionales

Foto 10. Extendido mezcla templada
cerrada



Foto 10. Compactado mezcla templada



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: APLICACIONES

- ☐ Capas de nueva construcción
- ☐ Capas en refuerzos
- ☐ Rehabilitación de firmes parcial o totalmente agotados
- ☐ Capas anti-remonte de fisuras
- ☐ Regularizaciones
- ☐ Ensanches
- ☐ Reparaciones



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: REQUISITOS REGLAMENTARIOS

☐ El Mercado CE no es de aplicación a las mezclas templadas

☐ 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



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA

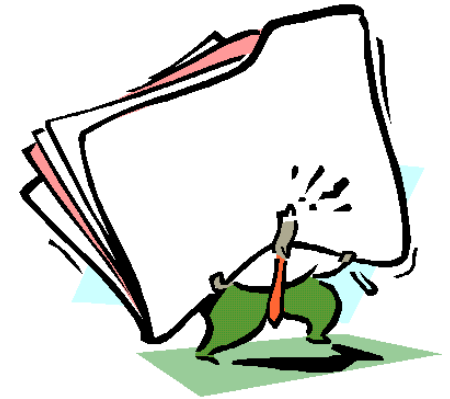


Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MEZCLAS TEMPLADAS: CONCLUSIONES

- ☐ Mejoras medioambientales por la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero
- ☐ Mejoras económicas por la disminución en el consumo de combustibles fósiles
- ☐ Mejora en la seguridad de los trabajadores
- ☐ Aumento de la distancia de transporte
- ☐ Prestaciones semejantes a las mezclas en caliente
- ☐ No precisan tiempo de curado



#AndaluciaATEB



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Demarcación de Andalucía,
Ceuta y Melilla



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCION

<http://www.ateb.es/>

Linked 

Únete a nosotros

***“LAS MEZCLAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN
BITUMINOSA: una solución SOSTENIBLE para
nuestras carreteras”***



#AndaluciaATEB