

FORO DE FIRMES DE CASTELLÓN

*Transición ecológica y transformación digital en la
pavimentación asfáltica*

CONSTRUIR CON CRITERIOS SOSTENIBLES

CASTELLÓN, 16 DE FEBRERO DE 2023



ELSAN TORRESCAMARA A.I.E.



SOSTENIBILIDAD

El concepto de sostenibilidad busca cubrir nuestras necesidades presentes sin comprometer los recursos de las generaciones futuras

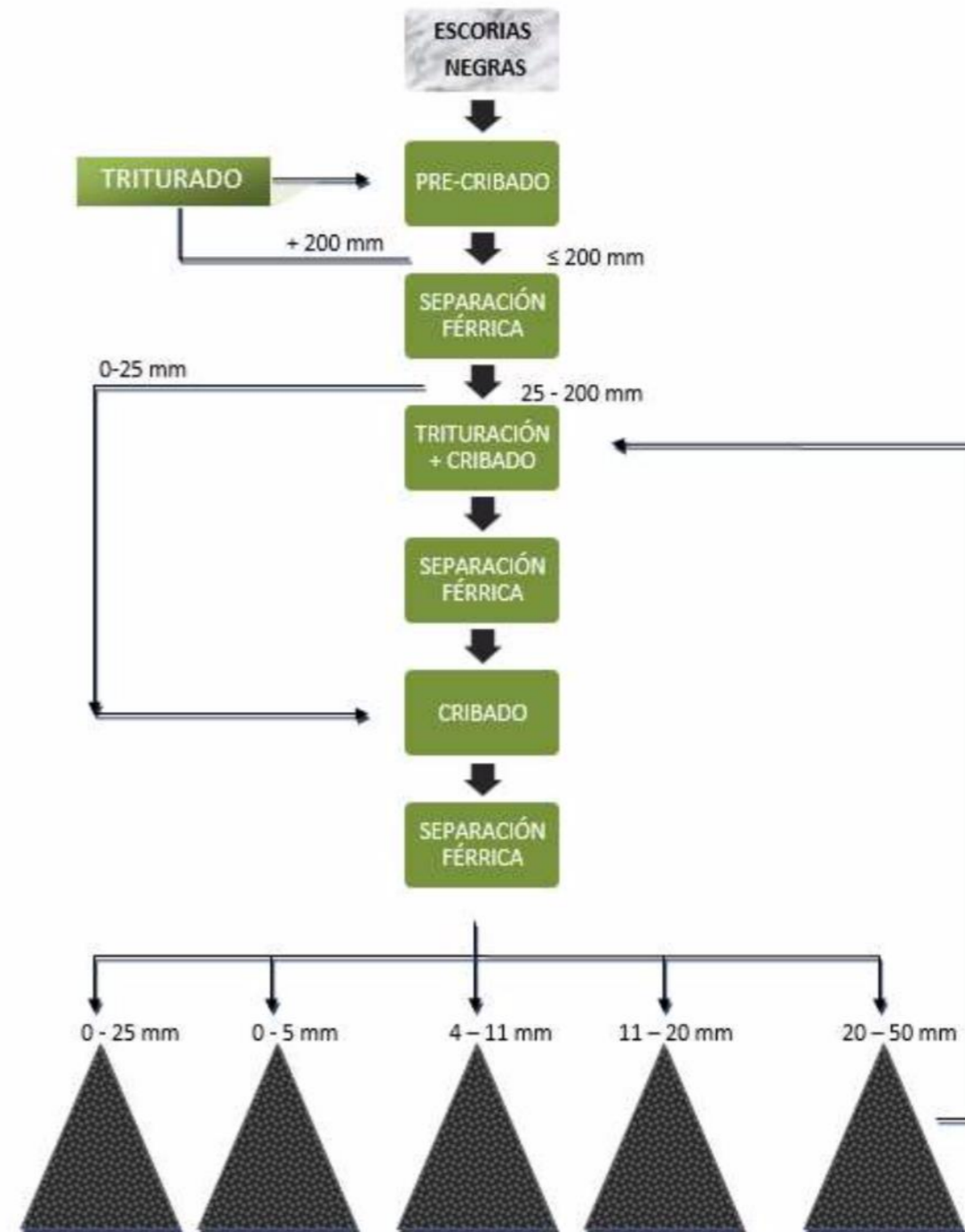
Se refiere al equilibrio de una especie con los recursos de su entorno. Por extensión se aplica a la explotación de un recurso por debajo del límite de su renovación



ÁRIDOS SIDERÚRGICOS

ÁRIDO SIDERÚRGICO PARA MEZCLAS BITUMINOSAS

- ESCORIAS NEGRAS
- PRE-CRIBADO
- RECUPERACIÓN DE HIERRO O DESFERRITIZACIÓN
- TRITURACIÓN Y CRIBADO
- SEPARACIÓN FÉRRICA
- CRIBADO
- SEPARACIÓN FÉRRICA
- VERTIDO EN ACOPIOS



Áridos para hormigón. Aplicaciones en hormigones, pavimentos y hormigones de limpieza no estructurales.



Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para su uso en capas estructurales de firmes.



Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas.



ÁRIDOS SIDERÚRGICOS: PRINCIPALES APLICACIONES

ÁRIDO SIDERÚRGICO PARA MEZCLAS BITUMINOSAS NORMATIVA DE APLICACIÓN



NOTA TÉCNICA NT 03/2020

Sobre el empleo de árido siderúrgico en firmes y pavimentos



**ÁRIDO
SIDERÚRGICO
PARA MEZCLAS
BITUMINOSAS**

**PRINCIPALES
CARACTERÍSTICA
S:**

- **DUREZA**
- **DENSIDAD**
- **ABSORCIÓN**
- **AFINIDAD ÁRIDO - LIGANTE**



**ASPECTOS A
CONTROLAR EN
LA FABRICACIÓN
DE MEZCLAS
BITUMINOSAS:**

- **DOSIFICACIÓN VOLUMÉTRICA**
- **DENSIDAD**
- **ABSORCIÓN**
- **EXPANSIVIDAD**
- **VALORES DE LIXIVIACIÓN**



**ÁRIDO SIDERÚRGICO PARA MEZCLAS
BITUMINOSAS.**

**PRINCIPALES OBRAS REALIZADAS EN LA
COMUNIDAD VALENCIANA**

• CV-205



**ÁRIDO SIDERÚRGICO PARA MEZCLAS
BITUMINOSAS.
PRINCIPALES OBRAS REALIZADAS EN LA
COMUNIDAD VALENCIANA**

• CV-222



**ÁRIDO SIDERÚRGICO PARA MEZCLAS BITUMINOSAS.
PRINCIPALES OBRAS REALIZADAS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA**

- CV-50 TAVERNES
- CV-58 XATIVA
- CV-58 ONTINYENT VALENCIA
- CV-550 ALBERIQUE – ALZIRA
- CV-550 ALZIRA
- CV-567 VALLES
- CV-610 LLUXENT
- CV-686 GANDIA
- CV-520 VALENCIA



**ÁRIDO SIDERÚRGICO PARA MEZCLAS
BITUMINOSAS.
PRINCIPALES OBRAS REALIZADAS EN LA
COMUNIDAD VALENCIANA**



**ÁRIDO SIDERÚRGICO PARA
MEZCLAS BITUMINOSAS.
PRINCIPALES OBRAS
REALIZADAS EN LA
COMUNIDAD VALENCIANA**

APORTACIÓN DE LA PAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA: NUEVAS MEZCLAS BITUMINOSAS

- **MEZCLAS A MENOR TEMPERATURA**
- **MEZCLAS AUTL**
- **MEZCLAS SONOREDUCTORAS**
- **MEZCLAS SMA**
- **MEZCLAS RECICLADAS**
- **MEZCLAS EN FRÍO**

APORTACIÓN DE LA PAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA: NUEVAS MEZCLAS BITUMINOSAS

MEZCLAS A MENOR TEMPERATURA

MEZCLAS A MENOR TEMPERATURA

EN EL VIGENTE PG3 ESTÁN RECOGIDAS EN:

- ARTÍCULO 542 MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO
- ARTÍCULO 543 MEZCLAS BITUMINOSAS PARA CAPAS DE RODADURA. MEZCLAS DRENANTES Y DISCONTINUAS,
- OC 3/2019 MEZCLAS SMA
- OC 3/2022 MEZCLAS AUTL

Según la temperatura de fabricación y puesta en obra hay otros tres tipos de mezclas bituminosas. Son las siguientes:

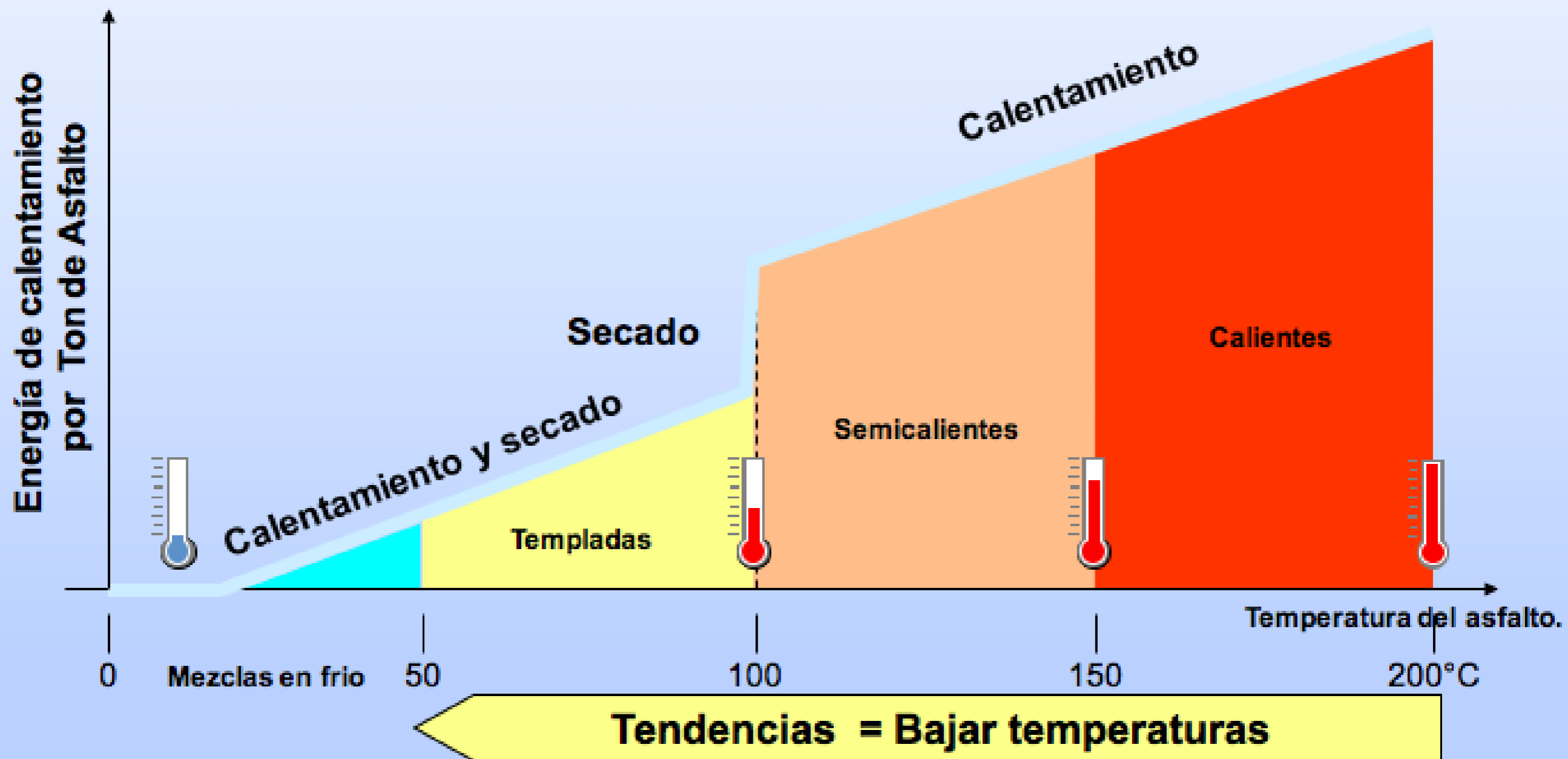
- **MEZCLAS EN FRIO (Artículo 540 del PG-3). Se fabrican con emulsión.**
- **MEZCLAS TEMPLADAS (se manejan a temperaturas entre 50 y 80°C). Se fabrican con betún o con emulsión.**
- **MEZCLAS SEMICALIENTES (se manejan a temperaturas entre 120 y 130 °C). Se fabrican con betún. Artículo 542.**

MEZCLAS A MENOR TEMPERATURA

Cualquier procedimiento de fabricación de las mezclas bituminosas que permita reducir la temperatura de fabricación, transporte y puesta en obra, supone una serie de ventajas como son las siguientes:

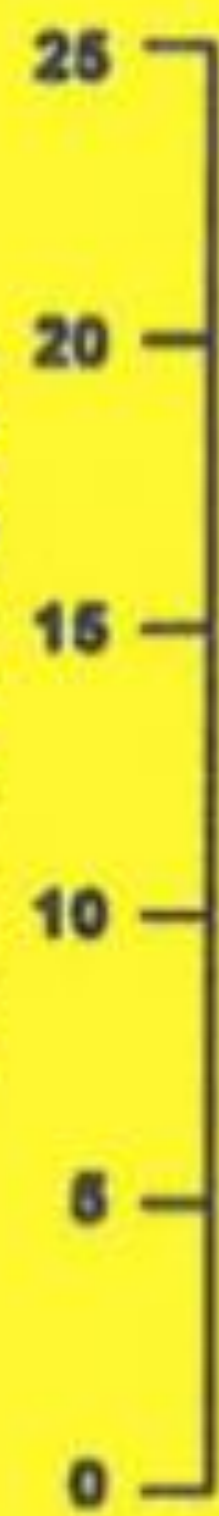
- **Ahorros: Reducción del consumo energético (1 litro/20°C x t).**
- **Medio Ambiente: Menor emisión de gases efecto invernadero.**
- **Calidad:**
 - **Menor pérdida de temperatura en las fases de transporte y puesta en obra.**
 - **Menor envejecimiento inicial del ligante por la oxidación inicial del betún por calentamiento (se estima, en las MBC convencionales, que es alrededor del 70% del proceso de oxidación total).**

MEZCLAS BITUMINOSAS A MENOR TEMPERATURA (4)



Bajada de temperaturas = ¡Menos energía! = Menos costo

Emisiones de CO₂ (kg/t)



Consumo de fuel (kg/t)

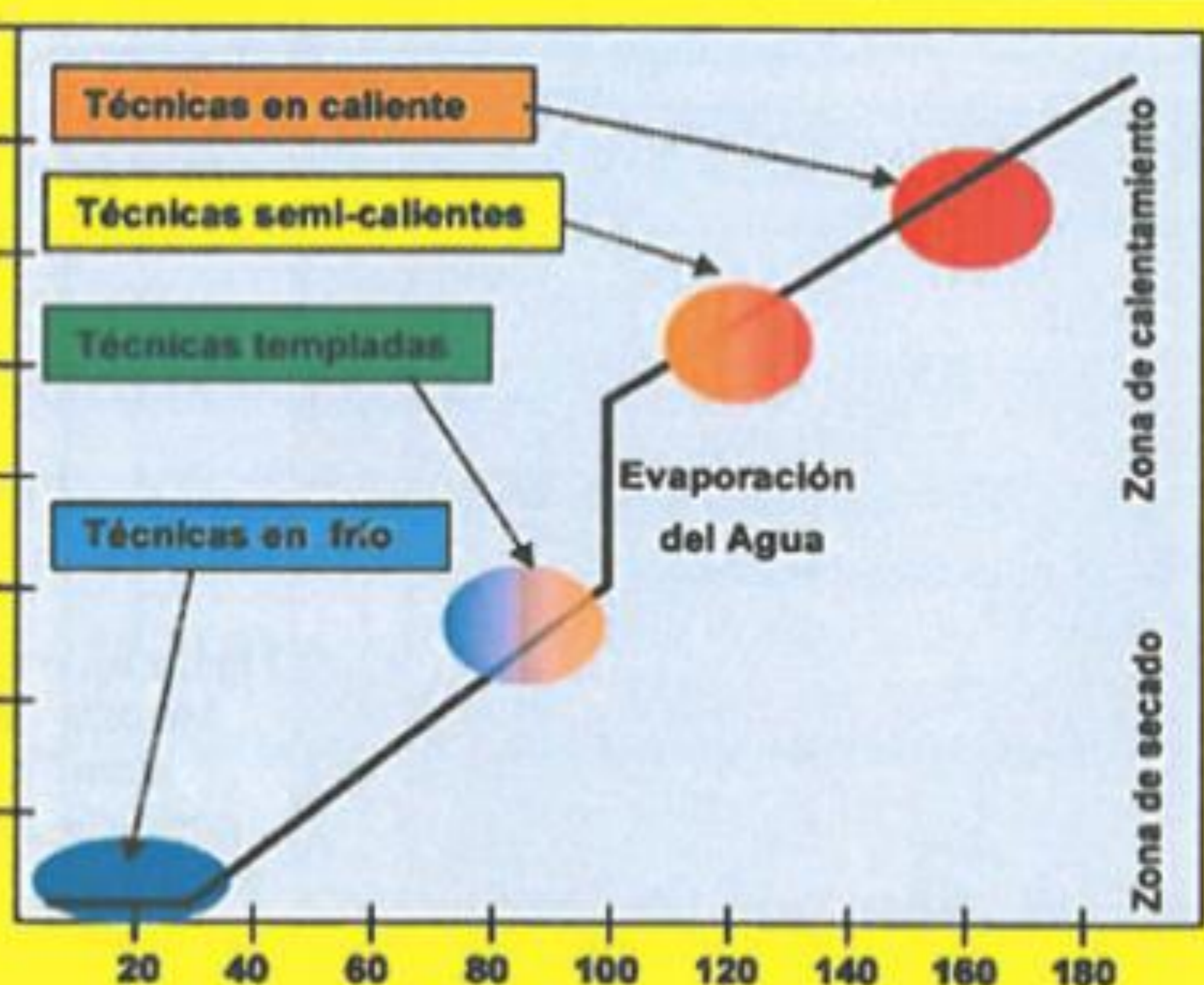


- Técnicas en caliente
- Técnicas semi-calientes
- Técnicas templadas
- Técnicas en frío

Evaporación del Agua

Zona de calentamiento
Zona de secado

Temperatura de fabricación



APORTACIÓN DE LA PAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA: NUEVAS MEZCLAS BITUMINOSAS

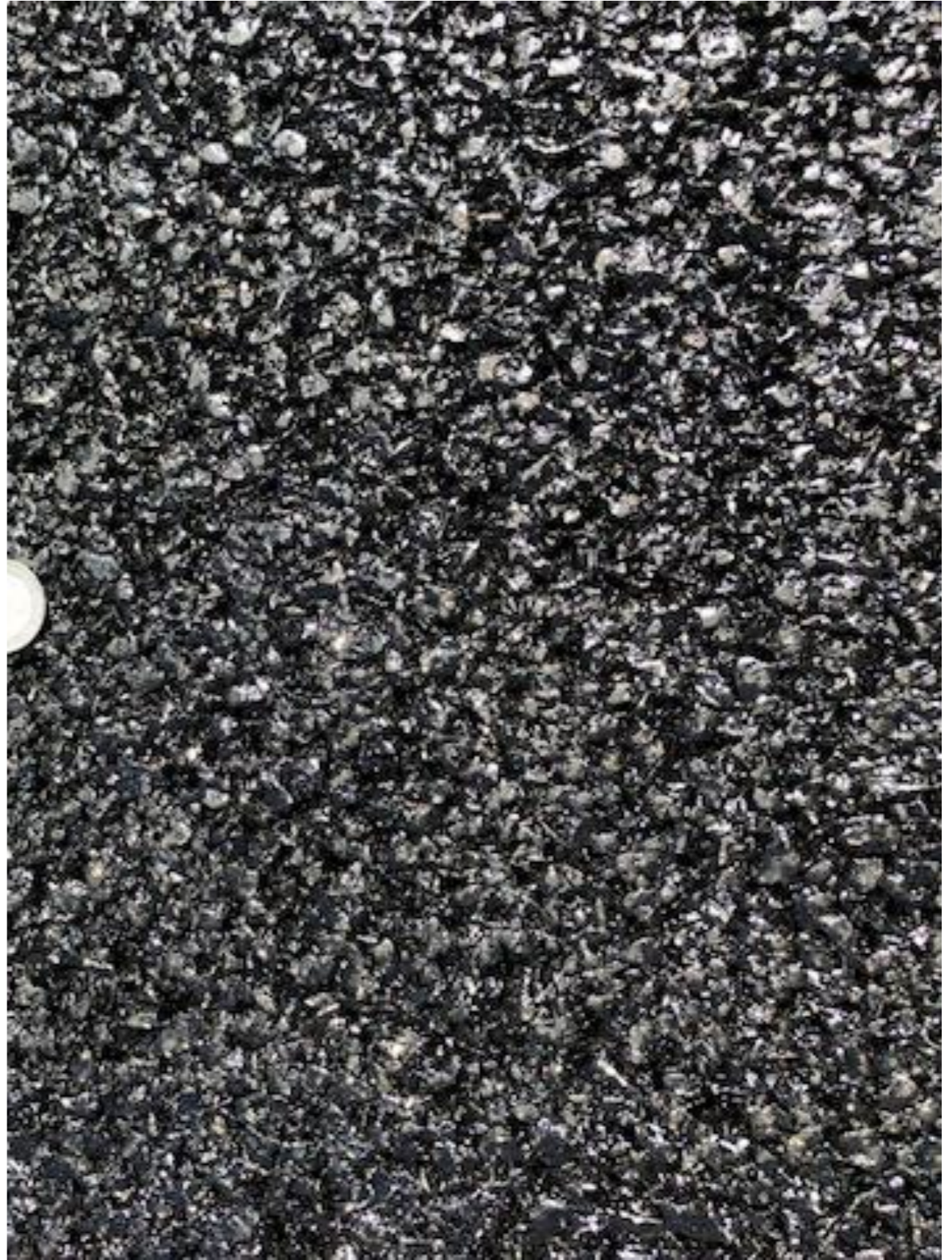
MEZCLAS ULTRADELGADAS. MEZCLAS AUTL

MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO AUTL PARA CAPAS DE RODADURA

545.1 DEFINICIÓN

Se definen como mezclas bituminosas para capa de rodadura tipo AUTL aquellas resultantes de la combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos, polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante, cuyo proceso de fabricación y puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la del ambiente, que se extienden sobre un riego de adherencia, y con un espesor de proyecto entre 10 mm y 20 mm. El método de adherencia es una parte esencial del proceso y el producto final es una combinación del método de adherencia y de la mezcla bituminosa.





**APORTACIÓN DE LA PAVIMENTACIÓN
ASFÁLTICA:
NUEVAS MEZCLAS BITUMINOSAS**

MEZCLAS SONOREDUCTORAS



- **MEZCLAS POROSAS**
- **MEZCLAS POROSAS EN DOBLE CAPA**
- **MEZCLAS EN CAPAS DELGADAS O ULTRADELGADAS**
- **PAVIMENTOS POROELÁSTICOS**

Los pavimentos poroelásticos están formados por caucho en forma granular como único constituyente del árido y con resinas como ligante. Otra característica es su alto contenido en huecos

MEZCLAS SONOREDUCTORAS

Material	% Peso
Gravilla 4/10 mm. pórfido	73,4
Arena 0/2 mm. caliza	14,8
Filler calizo	3,5
Caucho 2/8	1,9
Fibras	0,3
Betún	6,1



MEZCLAS SMA

Experiencia en el Proyecto SMA (www.proyectosma.eu)

544

MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO SMA

544.1 DEFINICIÓN

Se define como mezcla bituminosa tipo SMA la combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos —con bajas proporciones de árido fino y discontinuidad granulométrica en los tamaños intermedios del árido grueso—, polvo mineral y aditivo estabilizante, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una gruesa película homogénea de ligante, cuyo proceso de fabricación y puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la del ambiente.

MEZCLAS RECICLADAS

- **SEGÚN DONDE SE REALIZA:**
IN SITU O EN CENTRAL.
- **SEGÚN LA TEMPERATURA DE TRABAJO:**
EN FRIO O EN CALIENTE.
- **SEGÚN EL MATERIAL RECICLADO:**
BITUMINOSOS, TRATADOS CON CEMENTO, GRANULARES Y MIXTOS ENTRE TODOS ELLOS.
- **SEGÚN EL LIGANTE UTILIZADO:**
LIGANTE BITUMINOSO (BETUN O EMULSION) O LIGANTE HIDRAULICO (CEMENTO O CAL). MIXTOS.

MEZCLAS RECICLADAS

➤ **NORMATIVA TECNICA**

- **Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4). ORDEN 40/2017**
 - *Articulo 20. Reciclado in situ con emulsión bituminosa.*
 - *Articulo 21. Reciclado in situ con cemento de capas del firme.*
 - *Articulo 22. Reciclado en Central en caliente de capas bituminosas.*
- **El Articulo 542 del vigente PG-3 relativo a mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso admite el uso de material procedente del fresado de firmes envejecidos en tasas del 15 %.**

MEZCLAS RECICLADAS

En la Orden FOM 3459/2003 de 28 de noviembre se aprobó la Norma 6.3 IC para la rehabilitación de firmes, en la que se dice, en su disposición tercera, lo siguiente:

Prescripción de obligatoriedad de estudiar técnica y económicamente los materiales reciclados de firmes y pavimentos.

Por consideraciones ambientales y de reutilización de los materiales existentes en los firmes y pavimentos, en aquellas actuaciones cuya superficie de rehabilitación sea superior a setenta mil (70 000) m², se deberá considerar el empleo de las técnicas de reciclado, con las limitaciones y prescripciones que figuran en el anejo que acompaña a esta Orden.

MEZCLAS RECICLADAS

RECICLADO EN CALIENTE EN CENTRAL

TABLA 22.1- CLASIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS RECICLADAS

TIPO	CONTENIDO DE RAP (% sobre la masa total de la mezcla)	
	Límite inferior	Límite superior
1	>15	≤ 30
2	>30	≤ 60
3	>60	≤ 80

MEZCLAS RECICLADAS

COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA ESTRUCTURAL DE LAS MEZCLAS RECICLADAS

TABLA 2 - COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA ESTRUCTURAL ENTRE UNA MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE O SEMICALIENTE Y LOS DIFERENTES TIPOS DE MATERIAL RECICLADO

TIPO DE MATERIAL	COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA	LEY DE FATIGA	LIMITACIÓN DE ESPESOR (cm)
MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE O SEMICALIENTE (Densa, Semidensa y Gruesa)	1	$\epsilon_r = 6,925 \cdot 10^{-3} N^{0,27243}$	—
RECICLADO EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN CENTRAL DE CAPAS BITUMINOSAS	0,80 a 1 ⁽¹⁾	Ley específica	5 - 15
RECICLADO <i>IN SITU</i> CON EMULSIÓN DE CAPAS BITUMINOSAS	0,75 ⁽²⁾	Ley específica	6 - 12
RECICLADO <i>IN SITU</i> CON CEMENTO DE CAPAS DE FIRME	Material semejante al suelocemento		20 - 30 ⁽³⁾

- (1) El coeficiente de equivalencia dependerá de la proporción r de material bituminoso reciclado (RAP) utilizado, con el siguiente criterio: **1** si $15 < r \leq 30$; **0,9** si $30 < r \leq 60$ y **0,8** si $r \geq 60$.
- (2) Si el mezclado se efectúa en una central de fabricación de mezclas de las especificadas en los artículos 542 del PG-3 o 22 de esta Orden Circular, podrá adoptarse el coeficiente de 0,80.
- (3) Este valor máximo podrá aumentarse hasta 35 cm, siempre y cuando el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especifique sistemas constructivos que garanticen una compactación uniforme en todo el espesor de la capa.

MEZCLAS RECICLADAS

En el apartado 7.4 de la Norma 6.3 IC se definían los criterios para la aplicación de las técnicas de reciclado en función de la categoría de tráfico pesado de la carretera en estudio

TABLA 1 – CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE RECICLADO

TIPO DE RECICLADO	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0	T1	T2	T3 y T4
En central	Reciclado + 10 cm (1)	Reciclado + 8 cm (1)	Reciclado + 5 cm (2)	Reciclado + 5 cm (2, 3)	Reciclado + rodadura (3, 4 ó 5)
<i>In situ</i> con emulsión	—	—	Reciclado + 8 cm (1)	Reciclado + 5 cm (2)	Reciclado + rodadura (3, 4 ó 5)
<i>In situ</i> con cemento	—	—	Reciclado + MBC	Reciclado + MBC	Reciclado + MBC

MBC Mezclas bituminosas (incluida capa de rodadura), con espesores de acuerdo con la Norma 6.3 IC Rehabilitación de firmes.

- (1) **Espesor total mínimo de 8 o 10 cm**, en doble capa, siendo 3 o 4 cm el espesor correspondiente a la capa de rodadura, según se trate de una mezcla discontinua o drenante (art. 543 del PG-3), respectivamente.
- (2) **Espesor total mínimo de 5 cm en capa única**. Para el espesor mínimo se dispondrá una sola capa de mezcla bituminosa en caliente o semicaliente del tipo densa (D) o semidensa (S) (art. 542 del PG-3) de 5 cm de espesor. En el caso de ser preceptiva una capa de rodadura drenante o discontinua, el espesor mínimo se elevará a 8 cm y se aplicará lo indicado en (1).
- (3) Mezcla bituminosa en caliente o semicaliente del tipo densa (D) o semidensa (S) reciclada en central conforme a lo indicado en el artículo 22 en su apartado 22.3.
- (4) Mezcla bituminosa en caliente o semicaliente del tipo densa (D) o semidensa (S) (art. 542 del PG-3).
- (5) Microaglomerado en frío (art. 540 del PG-3).

MEZCLAS RECICLADAS EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN CENTRAL



MEZCLAS RECICLADAS



MEZCLAS RECICLADAS. ALGUNOS TIPS

La temperatura de calentamiento de los áridos de aportación, se determinará según la fórmula:

$$T = \frac{T_f - R \cdot T_{RAP}}{1 - R} + [H_{RAP} \cdot (637 - T_{RAP}) \cdot 4R \cdot (1 - R)]$$

Siendo:

- T: Temperatura de calentamiento de los áridos de aportación (°C).
- T_f: Temperatura final de la mezcla reciclada (°C).
- T_{RAP}: Temperatura del RAP (°C).
- R: Porcentaje de RAP (en tanto por uno).
- H_{RAP}: Humedad del RAP (en tanto por uno).

MEZCLAS RECICLADAS. ALGUNOS TIPS

- Acopio del RAP procedente de firmes o pavimentos bituminosos envejecidos.
- Tratamiento del RAP (eventual trituración, eliminación de elementos metálicos contaminantes y clasificación por capas, tamaño, aplicación, etc.).
- Caracterización y acopio del RAP tratado.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo, con la adaptación de todos los materiales de aportación (áridos, ligante, etc.) a las características del árido y ligante procedente del RAP.

MEZCLAS RECICLADAS. ALGUNOS TIPS

La dotación total de ligante hidrocarbonado (el de aportación más el procedente del RAP), expresada en proporción en masa sobre el total de la mezcla, no será inferior en ningún caso al cuatro por ciento ($\nless 4 \%$) en capas intermedias y de base, y al cinco por ciento ($\nless 5 \%$) en capas de rodadura, incluidas las correspondientes tolerancias indicadas en la tabla 22.2.

La dotación de ligante de aportación será como mínimo del cincuenta por ciento (50 %) de la del ligante hidrocarbonado de la mezcla reciclada, incluyendo en la misma la correspondiente al eventual empleo de aditivos o ligantes rejuvenecedores.

MEZCLAS RECICLADAS. ALGUNOS TIPS

- **LOS RECICLADOS DE BAJA TASA SON SUFICIENTES PARA LA ACTIVIDAD NORMAL DE UNA PLANTA ASFALTICA.**
- **SOLO EN OBRAS DE REHABILITACION DEL FIRME MUY GRANDES Y CON UN VOLUMEN MUY ALTO DE MATERIAL BITUMINOSO ENVEJECIDO, TIENE SENTIDO LA ALTA TASA.**
- **ES FUNDAMENTAL TENER MUY BIEN CARACTERIZADO EL MATERIAL FRESADO, ACOPIANDOSE, EN DIFERENTES ACOPIOS HOMOGENEOS.**
- **MUY IMPORTANTE EL DISEÑO DE LA FORMULA DE TRABAJO Y EL CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA.**



GRACIAS POR SU ATENCIÓN