

En la siguiente tabla se resumen la nueva denominación para estas mezclas y su equivalencia con la denominación anterior.

Tipo de capa	Espesor (cm)	Tipo de mezcla	
		Denominación UNE-EN 13108-1*	Denominación anterior
Intermedia	5-10	AC22 bin D	D20
		AC22 bin S	S20
		AC32 bin S	S25
		AC22 bin S MAM (**)	MAM (**)

(*) en la denominación se omite el tipo de ligante

(**) espesor máximo de 6 cm

Mezclas bituminosas para capas intermedias (Art. 542, PG-3).

Husos granulométricos.

TIPO DE MEZCLA		TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)								
		45	32	22	16	8	2	0,500	0,250	0,063
Densa	AC22 D		100	90-100	73-88	55-70	31-46	16-27	11-20	4-8
Semidensa	AC22 S		100	90-100	70-88	50-66	24-38	11-21	7-15	3-7
	AC32 S	100	90-100		68-82	48-63	24-38	11-21	7-15	3-7
Alto módulo	AC22 bin S MAM		100	90-100	70-88	50-66	24-38	11-21	7-15	5-9

Mezclas bituminosas para capas intermedias (Art. 542, PG-3).

Tipos de betunes.

Zona \ Tráfico	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y Arcenes	T4
Cálida		BM-2 BM-3c BC35/50 B 40/50	BM-2 BM-3c BM-3b BC35/50 BC50/70 B 40/50 B 60/70	BM-3b BC35/50 BC50/70 B 40/50 B 60/70	BC50/70 B 60/70	
Media		BM-3c BM-3b BC35/50 BC50/70 B 40/50 B 60/70	BM-3b BC35/50 BC50/70 B 40/50 B 60/70	BM-3b BC 50/70 B 60/70	BC 50/70 B 60/70 B 80/100	BC 50/70 B 60/70 B 80/100
Templada		BM-3c BM-3b BC50/70 B 60/70	BM-3b BC50/70 B 60/70 B 80/100			

NOTA: En las mezclas bituminosas de alto módulo se empleará el BM-1 para las categorías de tráfico T00 y T0, y el B13/22 para las categorías de Tráfico T1 y T2.

Criterios de diseño.

Para diseñar las mezclas bituminosas para estas capas se consideran el contenido de huecos en mezcla obtenido en una probeta compactada por impacto (tipo Marshall) o vibratorio, complementado con el ensayo de pista de laboratorio.

Contenido de huecos en mezcla (UNE EN 12697-8 en probetas UNE EN 12697-30 (75 golpes por cara) (***)

CARACTERÍSTICAS		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T00 y T0	T1 y T2	T3 y arcenes	T4
Huecos en mezcla (%)	Capa Intermedia	4-6	5-8 (*)	4-8	4-8 (**)

(*) En las mezclas bituminosas de alto módulo: 4-6.

(**) En vías de servicio.

(***) Excepto en mezclas con $D < 22\text{mm}$, en las que las probetas se compactarán según la UNE-EN 12697-32 (120 segundos por cara).

Se podrá exigir un control adicional de contenido de huecos en áridos, según el ensayo UNE-EN 12697-8. En el caso de las mezclas empleadas para las capas intermedias, con tamaño máximo de 22 o 32 mm, el contenido de huecos en áridos deberá ser superior o igual a 14%.

También se deben respetar los contenidos mínimos de betún y de polvo mineral de aportación, así como considerar la relación recomendada entre ambos.

Mezclas bituminosas para capas intermedias (Art. 542, PG-3)

Dotación mínima de betún (sobre el total de mezcla bituminosa, incluido el polvo mineral)

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	DOTACIÓN MÍNIMA (%)
INTERMEDIA	Densa y semidensa	4,00
	Alto módulo	4,50

Factor de multiplicación cuando los áridos tienen densidad diferente de 2,65 g/cm³:

$$\alpha = \frac{2,65}{\rho_d}, \text{ donde } \rho_d \text{ es la densidad de la partículas del árido.}$$

Mezclas bituminosas para capas intermedias (Art. 542, PG-3)

Proporción de polvo mineral (%)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y arcenes	T4
INTERMEDIA	100			≥ 50	-

Mezclas bituminosas para capas intermedias (Art. 542, PG-3)

Relación filler/betún recomendable (*) para las categorías de tráfico T00 a T2

TIPO DE CAPA	ZONA TÉRMICA ESTIVAL	
	CÁLIDA Y MEDIA	TEMPLADA
INTERMEDIA	1,1	1,0

(*) Nota: las relaciones ponderales no son adecuadas cuando se emplean polvos minerales como la cal, que con esas relaciones darían lugar a una mezcla con exceso de polvo mineral. En cualquier caso, es conveniente realizar la dosificación de los diferentes fillers volumétricamente a partir de su concentración crítica.

Resistencia a la deformación permanente

El ensayo para evaluar la resistencia a las deformaciones plásticas se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 12697-22, empleando el dispositivo pequeño, el procedimiento B en aire, a una temperatura de 60 °C y con una duración de 10000 ciclos.

La fabricación de las probetas se llevará a cabo mediante la utilización de un compactador de placa con un rodillo de acero, según la UNE-EN 12697-33. La densidad conseguida deberá ser mayor o igual al 98% de la de referencia obtenida para evaluar el contenido de huecos.

Mezclas bituminosas para capas intermedias (Art. 542, PG-3)

Pendiente media de deformación en pista en el intervalo de 5000 a 10000 ciclos para capa de rodadura e intermedia (UNE-EN 12697-22 (mm para 10^3 ciclos de carga))

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00 y T0	T1	T2	T3 y arcenes	T4
CÁLIDA	0,07			0,10	-
MEDIA	0,07		0,10		-
TEMPLADA	0,10			-	

(*) En las mezclas bituminosas de alto módulo la pendiente media de deformación en pista será de 0,07.

Es importante comprobar la resistencia de las mezclas bituminosas mediante el ensayo de pista, sobre todo en el caso de las mezclas tipo AC D, que pueden ser críticas con betunes B-60/70, por su gran cantidad de mástico (finos y ligante) y posible bajo porcentaje de huecos.

Resistencia a la acción del agua

La resistencia a la acción del agua se evaluará mediante el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, realizado a 15 °C, según la UNE-EN 12697-12. Las probetas se compactarán por impacto según la UNE-EN 12697-30, excepto en las mezclas con tamaño máximo superior a 22 mm, las probetas se compactarán con vibración según la UNE-EN 12697-32.

Mezclas bituminosas para capas intermedia (Art. 542, PG-3)

Resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión a 15°C según la UNE-EN 12697-12

TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO (mm)	CARACTERÍSTICAS	VALOR
≤ 22	Número de golpes por capa	50
	Resistencia conservada (%)	≥ 80
> 22	Segundos de vibración	80
	Resistencia conservada (%)	≥ 80

La versión anterior del Artículo 542 (Orden FOM/891/2004) especificaba los criterios diseño de estas mezclas a partir de los resultados obtenidos con el ensayo Marshall, considerando el tipo de tráfico y el clima, tal como se indica en la siguiente tabla. Este procedimiento se ha retirado de las especificaciones actuales del PG-3; pero se ha incluido en este documento debido a la vasta experiencia previa en el diseño de mezclas con este método.

Mezclas bituminosas para capas intermedias (Art. 542, PG-3)

Huecos y características Marshall (NLT-159)

CARACTERÍSTICA		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T00 y T0	T1 y T2	T3 y arcenes	T4
Estabilidad (kN)		> 15	> 12,5	> 10	8 - 12
Deformación (mm)		2 - 3	2 - 3,5		2,5 - 3,5
Huecos en mezcla (%)	Capa rodadura	4 - 6	5 - 8	4 - 8	4 - 8 (*)
Huecos en áridos (%)	Mezclas -20 y -25	≥ 14			

(*) En vías de servicio

Ejecución y puesta en obra

Para la fabricación de la mezcla se han establecido tolerancias admisibles con respecto a la granulometría de la fórmula de trabajo, referidas a la masa total de áridos.

Mezclas bituminosas para capas intermedias (Art. 542, PG-3)

Tolerancias máximas admisibles

TOLERANCIA CERNIDO (%)	> 2 mm	+ 4
	2 mm	+ 3
	≤ 2 mm	+ 2
	0,063	+ 1
TOLERANCIA BETÓN (%)		+ 0,3

Para su ejecución y control se deben seguir las mismas recomendaciones que para las mezclas para capa de base.

Mezclas bituminosas para capas intermedias (Art. 542, PG-3)

Especificaciones de la unidad terminada. Compactación y geometría

Densidad (g/cm ³) espesor >6 cm	Densidad (g/cm ³) espesor <6 cm	Diferencia de cotas	Espesor	Anchura
D > 97% D _{Referencia}	D > 97% D _{Referencia}	ΔC < 10 mm	e ≥ e _{proyecto}	a ≥ a _{proyecto}

Mezclas bituminosas para capas intermedias (Art. 542, PG-3)

Especificaciones de la unidad terminada. Regularidad superficial, IRI

IRI (dm/hm)		1,5	1,8	2	2,5
Porcentaje de hectómetros mínimo con IRI inferior a	Autopistas y autovías	50	80	100	
	Resto de vías	50		80	100

Todas estas especificaciones de unidad terminada serán de aplicación sobre el lote, que será considerado como el menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

Mezclas bituminosas de alto módulo

Este tipo de mezclas pueden utilizarse en capa intermedia y su diseño se realizará de forma similar a lo descrito en el apartado anterior de mezclas para capa de base.

5.4. MEZCLAS BITUMINOSAS PARA CAPA DE RODADURA

Las mezclas bituminosas para capas de rodadura desempeñan funciones tanto estructurales como funcionales. No obstante, en el diseño de estas capas se debe primar más lo segundo que lo primero. Esto ha llevado al uso

de mezclas especiales para capas de rodadura, mezclas porosas y mezclas discontinuas tipo BBTM A y BBTM B, de elevada textura y excelente comportamiento en vías rápidas o con presencia de agua.

5.4.1 Hormigones bituminosos (PG-3, Art. 542)

Son mezclas poco permeables, muy resistentes a la acción abrasiva del tráfico, pero cuya macrotextura es relativamente baja y pueden no ser muy adecuadas para tráficos rápidos y climas lluviosos.

A continuación se presenta una tabla con la nueva denominación para estas mezclas y su equivalencia con la denominación anterior.

Tipo de capa	Espesor (cm)	Tipo de mezcla	
		Denominación UNE-EN 13108-1*	Denominación anterior
Rodadura	4 - 5	AC16 surf D AC16 surf D	D12 S12
	> 5	AC22 surf D AC22 surf D	D20 S20

(*) En la denominación se omite el tipo de ligante

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3).

Husos granulométricos.

TIPO DE MEZCLA		TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)								
		32	22	16	8	4	2	0,500	0,250	0,063
Densa	AC16 D		100	90 - 100	64 - 79	44 - 59	31 - 46	16 - 27	11 - 20	4 - 8
	AC22 D	100	90 - 100	73 - 88	55 - 70		31 - 46	16 - 27	11 - 20	4 - 8
Semidensa	AC16 S		100	90 - 100	60 - 75	35 - 50	24 - 38	11 - 21	7 - 15	3 - 7
	AC22 S	100	90 - 100	70 - 88	50 - 66		24 - 38	11 - 21	7 - 15	3 - 7

Todas las mezclas bituminosas elaboradas para capas de rodadura que correspondan a categorías de tráfico T00 y T0 deben ser elaboradas con betunes modificados.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Tipos de betunes

Tráfico Zona	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y Arcenes	T4
Cálida		BM-2 BM-3c BC35/50	BM-2 BM-3c BM-3b BC35/50 BC50/70 B 40/50 B 60/70	BM-3b BC35/50 BC50/70 B 40/50 B 60/70	BC50/70 B 60/70	BC50/70 B 60/70 B 80/100
Media		BM-3c BM-3b BC35/50 BC50/70	BM-3b BC35/50 BC50/70 B 40/50 B 60/70	BM-3b BC50/70 B 60/70	BC50/70 B 60/70 B 80/100	
Templada		BM-3c BM-3b BC50/70 B 60/70	BM-3b BC50/70 B 60/70 B 80/100			

Criterios de diseño

El diseño de las mezclas bituminosas tipo AC S y AC D para capas de rodadura se lleva a cabo a partir del contenido de huecos obtenido en una probeta compactada por impacto (tipo Marshall). Cuando el tamaño máximo del árido de las mezclas supera los 22 mm la probeta se compactará por vibración.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Contenido de huecos en mezcla (UNE-EN 12697-8 en probetas UNE-EN 12697-30 (75 golpes por cara) (*)

CARACTERÍSTICA		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T00 y T0	T1 y T2	T3 y arcenes	T4
Huecos en mezcla (%)	Capa de rodadura	4 - 6		3 - 5	

Se podrá exigir un control adicional de contenido de huecos en áridos, según el ensayo UNE-EN 12697-8. En mezcla con tamaño máximo de 16 mm, deberá ser mayor o igual al 15%, mientras que en mezclas con tamaño máximo de 22 o 32 mm, deberá ser superior o igual a 14%.

También se deben respetar los contenidos mínimos de betún y de polvo mineral de aportación, así como considerar la relación recomendada entre ambos.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Dotación mínima de betún (sobre el total de mezcla bituminosa, incluido el polvo mineral)

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	DOTACIÓN MÍNIMA (%)
RODADURA	AC D y AC S	4,50

Factor de multiplicación cuando los áridos tienen densidad diferente de 2,65 g/cm³:

$$\alpha = \frac{2,65}{\rho_d}, \text{ donde } \rho_d \text{ es la densidad de la partículas del árido.}$$

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Proporción de polvo mineral (%)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y arcenes	T4
RODADURA	100			≥ 50	

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Relación filler/betún recomendable (*)

TIPO DE CAPA	ZONA TÉRMICA ESTIVAL	
	CÁLIDA Y MEDIA	TEMPLADA
RODADURA	1,2	1,1

(*) Nota: las relaciones ponderales no son adecuadas cuando se emplean polvos minerales como la cal, que con esas relaciones darían lugar a una mezcla con exceso de polvo mineral. En cualquier caso, es conveniente realizar la dosificación de los diferentes filleres volumétricamente a partir de su concentración crítica.

Resistencia a la deformación permanente

El ensayo para evaluar la resistencia a las deformaciones plásticas se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 12697-22, empleando el dispositivo pequeño, el procedimiento B en aire, a una temperatura de 60 °C y con una duración de 10000 ciclos.

La fabricación de las probetas se llevará a cabo mediante la utilización de un compactador de placa con un rodillo de acero, según la UNE-EN 12697-33. La densidad conseguida deberá ser superior al 98% de la obtenida en probetas elaboradas según la UNE-EN 12697-30, mediante 75 golpes por cara.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Pendiente media de deformación en pista en el intervalo de 5000 a 10000 ciclos para capa de rodadura e intermedia (UNE-EN 12697-22 (mm para 10³ ciclos de carga)).

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00 y T0	T1	T2	T3 y arcenes	T4
CÁLIDA	0,07			0,10	-
MEDIA	0,07		0,10		-
TEMPLADA	0,10				-

() En mezclas bituminosas de alto módulo la pendiente media de deformación en pista será de 0,07.*

La resistencia de las mezclas bituminosas tipo AC D y AC S empleadas en capas de rodadura es susceptible a pequeñas variaciones en la composición de la mezclas o al tipo de betún empleado.

Resistencia a la acción del agua

La resistencia a la acción del agua se determinará mediante el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, realizado a 15 °C, según la UNE-EN 12697-12. Las probetas se compactarán por impacto con 50 golpes por cara (UNE-EN 12697-30).

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión a 15°C según la UNE-EN 12697-12

CARACTERÍSTICA	VALOR
Número de golpes por capa	50
Resistencia conservada (%)	≥ 80

En la versión anterior del Artículo 542 (Orden FOM/891/2004), los criterios diseño de estas mezclas se basaban en los resultados obtenidos mediante el ensayo Marshall, tal como se recoge en la tabla siguiente. A pesar de que este procedimiento se ha retirado de las especificaciones actuales del PG-3, se ha decidido incluirlo teniendo en cuenta que ha sido empleado durante muchos años en España.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)
Huecos y características Marshall (NLT-159)

CARACTERÍSTICA		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T00 y T0	T1 y T2	T3 y arcenes	T4
Estabilidad (kN)		> 15	> 12,5	> 10	8 - 12
Deformación (mm)		2 - 3	2 - 3,5		2,5 - 3,5
Huecos en mezcla (%)	Capa rodadura	4-6		3-5	
Huecos en áridos (%)	Mezclas -12	≥ 15			
	Mezclas -20 y -25	≥ 14			

Ejecución y puesta en obra

Para la fabricación de la mezcla se han establecido tolerancias admisibles con respecto a la granulometría de la fórmula de trabajo, referidas a la masa total de áridos.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)
Tolerancias máximas admisibles

TOLERANCIA CERNIDO (%)	> 2 mm	±4
	2 mm	±3
	≤ 2 mm	±2
	0,063	±1
TOLERANCIA BETÚN (%)		±0,3

Para su ejecución y control se deben seguir las mismas recomendaciones que para las mezclas para capas de base e intermedia.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)
Especificaciones de la unidad terminada. Compactación y geometría

Densidad (g/cm ³)	Diferencia de cotas	Espesor	Anchura
D > 97% D _{Referencia}	ΔC < 10 mm	e ≥ e _{proyecto}	a ≥ a _{proyecto}

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Especificaciones de la unidad terminada. Regularidad superficial, IRI, para firmes de nueva construcción

IRI (dm/hm)		1,5	1,8	2	2,5
Porcentaje de hectómetros mínimo con IRI inferior a	Autopistas y autovías	50	80	100	
	Resto de vías	50		80	100

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Especificaciones de la unidad terminada. Regularidad superficial, IRI, para firmes rehabilitados estructuralmente

IRI (dm/hm)				1,5	1,8	2	2,5	2,5
Porcentaje de hectómetros mínimo con IRI inferior a	Autopistas y autovías	Espesor recrecimiento	> 10 cm	50	80	100		
			> 10 cm	50		80	100	
	Resto de vías	Espesor recrecimiento	> 10 cm	50		80	100	
			> 10 cm			50	80	100

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Especificaciones de la unidad terminada. Textura y adherencia.

Tipo de mezcla	Densas y Semidensas
Macrotectura superficial (UNE-EN 13036-1) (mm) (*)	0,7
Coefficiente mínimo rozamiento transversal (NLT-336) (%) (**)	65

Todas estas especificaciones de unidad terminada serán de aplicación sobre el lote, que será considerado como el menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

5.4.2 Mezclas drenantes (PG-3, Art. 543)

Las mezclas drenantes ofrecen unas características especiales como capa de rodadura para mejorar la seguridad y comodidad del tráfico. Están especialmente indicadas para eliminar o reducir el problema de hidroplaneo de los vehículos con lluvia o pavimento mojado y para reducir el ruido de rodadura. Por el contrario, estas mezclas presentan una menor resistencia a los efectos abrasivos del tráfico y pueden colmatarse en zonas donde no llueve con frecuencia y se acumule la suciedad.

De acuerdo con la Norma 6.1 IC Instrucción de carreteras, las mezclas drenantes se colocarán en capas de 4 a 5 cm de espesor y sólo podrán aplicarse en carreteras sin problemas de nieve o de formación de hielo, cuyos

accesos estén pavimentados, con tráfico suficiente (IMD 3d 5000 vehículos/día) y con un régimen de lluvias razonablemente constante que facilite su limpieza. No se utilizarán sobre tableros de estructuras que no estén debidamente impermeabilizados y en todo caso deberán preverse sistemas específicos de captación y de eliminación del agua infiltrada a través de la superficie del pavimento.

Para mejorar la eficacia de las mezclas drenantes y reducir el problema de su colmatación, se está usando también la doble capa drenantes, consistente en colocar en la parte inferior una primera capa de mezcla drenante fabricada con un árido más grueso, de 12 a 20 mm., que proporciona unos huecos de mayor tamaño, más difíciles de colmatar por el polvo, mientras que la capa superior tiene un menor tamaño de árido, 8 a 10 mm., con objeto de proporcionar una mayor comodidad, una menor sonoridad al usuario y una mayor capacidad para evacuar el agua.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura. (Art. 543, PG-3).

Husos granulométricos mezclas drenantes

TIPO DE MEZCLA		TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)							
		22	16	11,2	8	4	2	0,5	0,063
Drenante	PA11		100	90 - 100	50 - 70	13 - 27	10 - 17	5 - 12	3 - 6
	PA16	100	90 - 100		40 - 60	13 - 27	10 - 17	5 - 12	3 - 6

Mezclas bituminosas para capas de rodadura. (Art. 543, PG-3).

Tipos de betunes. Mezclas drenantes

Tráfico	T00 y T0	T1	T2 (*) y T31	T32 y Arcenes
Tipo de ligante	BM-3c	BM-3c BM-3a BM-3b	BM-3a BM-3b BC50/70 B 60/70	BC50/70 B 60/70 B 80/100

(*) Para tráfico T2 se emplearán betunes modificados en autovías y cuando la IMD sea superior a 5000 vehículos por día y carril.

Criterios de diseño

En las mezclas drenantes se determina el porcentaje de huecos en mezcla, determinado según la UNE-EN 12697-8 en probetas compactadas de acuerdo con la UNE-EN 12697-30, que no debe ser inferior al 20%. Complementariamente, se calcula la pérdida por desgaste mediante el ensayo de Pérdida de partículas a 25 °C, UNE-EN 12697-17, en seco y tras inmersión, que deberá cumplir con los límites indicados. La sensibilidad al agua se evalúa determinando la resistencia conservada mediante el ensayo de tracción indirecta a 15°C, según la UNE-EN 12697-12 y en probetas compactadas de acuerdo con la UNE-EN 12697-30.

Mezclas drenantes para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Criterios de dosificación con el ensayo de pérdida de partículas (UNE-EN 12697-17) en probetas compactadas según la UNE-EN 12697-30 con 50 golpes por cara

ENSAYO	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
	T00 a T2	T3 y T4
PÉRDIDA DE PARTÍCULAS A 25°C	20	25

Mezclas drenantes para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión a 15°C según la UNE-EN 12697-12

CARACTERÍSTICA	VALOR
Número de golpes por cara	50
Resistencia conservada (%)	≥ 85

La versión anterior del Artículo 542 (Orden FOM/891/2004) especificaba que la determinación de la resistencia a la acción del agua se debía determinar mediante el ensayo Cántabro a 25 °C tras inmersión, que debería cumplir con los límites indicados en la tabla.

Mezclas drenantes para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Criterios de dosificación con el ensayo Cántabro (NLT-352)

ENSAYO CÁNTABRO	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T00 a T1	T2 a T3	T4
TRAS INMERSIÓN (24 hs a 60 °C)	35	40	

En estas mezclas se deberá comprobar que no se produce escurrimiento del ligante, mediante el ensayo recogido por la UNE-EN 12697-18. También se deben respetar unos contenidos mínimos de betún y de polvo mineral de aportación.

Mezclas drenantes para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Dotación mínima de betún (sobre el total de mezcla bituminosa)

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	DOTACIÓN MÍNIMA (%)
RODADURA	Drenante	4,3

Factor de multiplicación cuando los áridos tienen densidad diferente de 2,65 g/cm³:

$$\alpha = \frac{2,65}{\rho_d}, \text{ donde } \rho_d \text{ es la densidad de la partículas del árido.}$$

Mezclas drenantes para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Proporción de polvo mineral de aportación (%)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
	T00, T0, T1 y T2	T3, T4 y arcenes
RODADURA	100	≥ 50

La relación ponderal recomendable entre el contenido de filler y de betún, está comprendida entre 0,9 y 1,1. No obstante las relaciones ponderales no son adecuadas cuando se emplean polvos minerales como la cal, que con esas relaciones darían lugar a una mezcla con exceso de polvo mineral. En cualquier caso, es conveniente realizar la dosificación de los diferentes filleres volumétricamente a partir de su concentración crítica

Ejecución y puesta en obra

Para la fabricación de las mezclas drenantes se han establecido tolerancias admisibles con respecto a la granulometría de la fórmula de trabajo, referidas a la masa total de áridos.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Tolerancias máximas admisibles

TOLERANCIA CERNIDO (%)	> 2 mm	± 4
	2 mm	± 3
	≤ 2 mm	± 2
	0,063	± 1
TOLERANCIA BETÚN (%)		± 0,3

Las mezclas drenantes se compactan con facilidad mediante el empleo de rodillos lisos que permiten conseguir una excelente regularidad. Aunque no es necesario una elevada energía de compactación, ésta debe realizarse adecuadamente, pues si no se produciría la rápida disgregación de la mezcla.

Mezclas drenantes para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Especificaciones de la unidad terminada. Huecos y geometría

Huecos (%)	Diferencia de cotas	Espesor	Anchura
$H_{mezcla} = H_{mezcla\ referencia} \pm 2\%$	$\Delta C < 10\text{ mm}$	$e \geq e_{proyecto}$	$a \geq a_{proyecto}$

El tiempo de evacuación del agua en el permeámetro LCS (NLT-327) permite controlar la porosidad y capacidad de la mezcla colocada y compactada, no debiéndose aceptar capas cuyos tiempos de evacuación no estén conformes con el porcentaje de huecos de la mezcla proyectada.

Mezclas drenantes para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Especificaciones de la unidad terminada. Regularidad superficial IRI

IRI (dm/hm)		1,5	1,8	2	2,5
Porcentaje de hectómetros mínimo con un IRI inferior a	Autopistas y autovías	50	80	100	
	Resto de vías	50		80	100

Mezclas drenantes para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Especificaciones de la unidad terminada. Textura y adherencia

Tipo de mezcla	PA
Macrotextura superficial (UNE-EN 13036-1) (mm) (*)	1,5
Coefficiente mínimo rozamiento transversal (NLT-336) (%) (**)	60

(*) Medida antes de la puesta en servicio de la capa

(**) Medida una vez transcurridos dos meses de la puesta en servicio de la capa

Todas estas especificaciones de unidad terminada serán de aplicación sobre el lote, que será considerado como el menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

5.4.3 Mezclas discontinuas (PG-3, Art. 543)

Las mezclas discontinuas se colocan en capas muy finas, 2-3 cm y ofrecen una excelente macrotextura, adecuada para mejorar la seguridad de rodadura con lluvia y pavimento mojado y para reducir, también, el ruido de rodadura.

En la tabla siguiente se aprecia la nueva denominación para estas mezclas discontinuas y su equivalencia con la denominación anterior.

Denominación UNE-EN 13108-1*	Denominación anterior
BBTM 8A	F8
BBTM 11A	F10
BBTM 8B	M8
BBTM 11B	M10

Son mezclas de granulometría similar a las porosas, pero con un mayor contenido de betún asfáltico y finos, por lo que tienen unas prestaciones funcionales próximas a las porosas, pero con una mayor resistencia a la

abrasión del tráfico. Tienen una discontinuidad entre los tamaños 2 y 4 mm, distinguiéndose dos tipos de mezclas según su mayor contenido de arena: BBTM B y BBTM A.

La Instrucción de carreteras, Norma 6.1 IC, recomienda el uso de estas mezclas para las categorías de tráfico pesado T00 a T1.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura. (Art. 543, PG-3).

Husos granulométricos

TIPO DE MEZCLA		TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)							
		16	11,2	8	5,6	4	2	0,5	0,063
BBTM A	BBTM 8A		100	90-100	50-70	28-38	25-35	12-22	7-9
	BBTM 11A	100	90-100	62-82		28-38	25-35	12-22	7-9
BBTM B	BBTM 8B		100	90-100	42-62	17-27	15-25	8-16	4-6
	BBTM 11B	100	90-100	60-80		17-27	15-25	8-16	4-6

Tipos de betunes

Mezclas bituminosas para capas de rodadura. (Art. 543, PG-3).

Tipos de betunes. Mezclas discontinuas

Tráfico	T00 y T0	T1	T2(*) y T31	T32, T4 y arcenes
Tipo de ligante	BM-3c	BM-3c BM-3b	BM-3b BC50/70 B 60/70	BC50/70 B 60/70 B 80/100

(*) Para tráfico T2 se emplearán betunes modificados en autovías cuando la IMD sea superior a 5000 vehículos por día y por carril.

Criterios de diseño

La dosificación de las mezclas discontinuas se lleva a cabo mediante el análisis de huecos, el ensayo de pista de laboratorio y el ensayo de tracción indirecta.

Mezclas discontinuas para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Contenido de huecos en mezcla (UNE-EN 12697-8) en probetas compactadas según UNE-EN 12697-30 (50 golpes por cara)

TIPO DE MEZCLA	HUECOS (%)
BBTM A	≥ 4
BBTM B	≥ 12

Mezclas discontinuas para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Pendiente media de deformación en pista en el intervalo de 5000 a 10000 según UNE-EN 12697-22 (mm para 1000 ciclos de carga)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
	T00 a T2	T3, T4 y arcenes
CÁLIDA Y MEDIA	0,7	0,10
TEMPLADA		-

Mezclas discontinuas para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión a 15°C según la UNE-EN 12697-12

CARACTERÍSTICA	VALOR
Número de golpes por cara	50
Resistencia conservada (%)	≥ 90

La versión anterior del Artículo 542 (Orden FOM/891/2004) especificaba que la determinación de la resistencia a la acción del agua en las mezclas BBTM B (tipo M) se debía determinar mediante el ensayo Cántabro a 25 °C tras inmersión, que debería cumplir con los límites indicados en la tabla.

Mezclas tipo M para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Criterios de dosificación con el ensayo Cántabro (NLT-352)

CARACTERÍSTICA	VALOR
Número de golpes por cara	50
Pérdida por abraxión en húmedo (1 día, 60°C) (%)	≤ 25

El PG-3 también indica para estas mezclas la dotación mínima de ligante y de polvo mineral a emplear así como la cantidad de mezcla a emplear por metro cuadrado. Por otra parte, estas mezclas se colocan en capas muy finas y están sometidas a fuertes esfuerzos tangenciales. Se debe colocar una dotación mínima de riego de adherencia, recogido en la tabla, recomendándose el uso de emulsiones modificadas y termoaderentes modificadas (Styemul Adherencia) con las ventajas adicionales que conlleva el uso de este tipo de emulsiones.

Mezclas discontinuas para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Dotaciones mínimas de mezcla, ligante y riego de adherencia

CARACTERÍSTICA	TIPO DE MEZCLA			
	BBTM 8B	BBTM 11B	BBTM 8A	BBTM 11A
DOTACIÓN MEDIA DE MEZCLA (kg/m ²)	35-50	55-70	40-55	65-80
DOTACIÓN MÍNIMA (*) DE LIGANTE (% en masa sobre el total de la mezcla)	4,75		5,20	
LIGANTE RESIDUAL EN RIEGO DE ADHERENCIA (kg/m ²)	Firme nuevo	> 0,3	> 0,25	
	Firme antiguo	> 0,4	> 0,35	

(*) Incluidas las tolerancias indicadas más adelante

Cuando la densidad de los áridos sea diferente de 2,65 g/cm³, los contenidos mínimos de ligante de la tabla se deben corregir multiplicando por el factor:

$$\alpha = \frac{2,65}{\rho_d}$$

donde ρ_d es la densidad de la partículas del árido.

Mezclas discontinuas para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Proporción de polvo mineral de aportación (%)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T00 a T2	T3, T4 y arcenes
100	≥ 50

Mezclas discontinuas para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Relación ponderal recomendable entre el contenido de polvo mineral y ligante (*)

TIPO DE MEZCLA	RELACIÓN f/b
BBTM A	1,2 -1,6
BBTM B	1,0 -1,2

(*) Nota: las relaciones ponderales no son adecuadas cuando se emplean polvos minerales como la cal, que con esas relaciones darían lugar a una mezcla con exceso de polvo mineral. En cualquier caso, es conveniente realizar la dosificación de los diferentes filleres volumétricamente a partir de su concentración crítica.

Mezclas bituminosas para capas de rodadura (Art. 542, PG-3)

Tolerancias máximas admisibles

TOLERANCIA CERNIDO (%)	> 2 mm	± 3
	≤ 2 mm	± 2
	0,063	± 1
TOLERANCIA BETÚN (%)		± 0,3

Ejecución y puesta en obra

Tanto las mezclas BBTM A como las BBTM B son relativamente fáciles de compactar, no requieren equipos pesados de compactación, se realizan básicamente con rodillos lisos sin vibración, pero dado su pequeño espesor es difícil controlar la compactación conseguida. Por ello, y para asegurar una buena compactación, fundamental para su buen comportamiento, es importante controlar su ejecución, en especial, la temperatura de compactación y el número de pasadas.

Las mezclas tipo BBTM A deben cumplir con un porcentaje mínimo de densidad del 98% con respecto a un valor tomado como referencia. En las mezclas tipo BBTM B con espesores mayores o iguales que 2,5 cm, el porcentaje de huecos no podrá diferir en más de 2% con respecto al de referencia. Cuando las mezclas tipo BBTM B se colocan en espesores menores de 2,5 cm., se puede controlar la compactación alcanzada utilizando la relación entre la dotación de mezcla y el espesor de capa conseguidos en el tramo de prueba.

Mezclas discontinuas para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)

Especificaciones de la unidad terminada. Huecos, densidad y geometría

TIPO DE MEZCLA		Diferencia de cotas	Espesor	Anchura
BBTM B (≥ 2,5 cm)	BBTM A			
Huecos (%)	Densidad (g/cm ³)			
$H_{mezcla} = H_{referencia} + 2\%$	$D > 98\% D_{Referencia}$	$\Delta C < 10 \text{ mm}$	$e \geq e_{proyecto}$	$a \geq a_{proyecto}$

Mezclas discontinuas para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)
Especificaciones de la unidad terminada. Regularidad, IRI

IRI (dm/hm)		1,5	1,8	2	2,5	3	
Porcentaje de hectómetros mínimo con IRI inferior a	Nueva construcción	Autopistas y autovías (A)	50	80	100		
		Resto de vías (RV)	50		80	100	
	Rehabilitación	Espesor de recrecimiento > 10 cm (A)	50	80	100		
		Espesor de recrecimiento > 10 cm (RV)	50		80	100	
		Espesor de recrecimiento < 10 cm (A)	50		80	100	
		Espesor de recrecimiento < 10 cm (RV)	50			80	100

(A): Autopistas y autovías (RV): Resto de vías

Mezclas discontinuas para capas de rodadura (Art. 543, PG-3)
Especificaciones de la unidad terminada. Textura y adherencia

TIPO DE MEZCLA	BBTM B	BBTM A
Mínima macrotextura superficial (UNE-EN 13036-1) (mm) (*)	1,5	1,1
Mínimo coeficiente mínimo rozamiento transversal (NLT-336) (%) (**)	60	65

(*) Medida antes de la puesta en servicio de la capa.

(**) Medida una vez transcurridos dos meses de la puesta en servicio de la capa.

Todas estas especificaciones de unidad terminada serán de aplicación sobre el lote, que será considerado como el menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.