

MEZCLAS BITUMINOSAS CON POLVO DE NEUMÁTICO

Juan Gallego Medina Universidad Politécnica de Madrid





ANTECEDENTES

- Se trata de una guía para conseguir el diseño y fabricación industrial de betunes con caucho que cumplen especificaciones
- Mediante el método de trabajo que propone la guía y a partir de las formulaciones propuestas, cada usuario puede optimizar en su caso particular el producto a través de variables cómo:
 - El tamaño del polvo de caucho
 - La naturaleza del caucho
 - El porcentaje de caucho añadido
 - El tipo de polímero empleado
 - La proporción caucho / polímero
 - La penetración del betún base





NORMATIVA ESPAÑOLAS DE MEZCLAS CON CAUCHO

- ÓRDENES CIRCULARES 21/2007 y 21 bis/2009 (betunes)
- ORDEN FOM/2523/2014, de 12 de diciembre (última versión PG-3)
 - En su preámbulo menciona entre sus motivos: "La incentivación del aprovechamiento de los materiales reciclados de los firmes y la inclusión de betunes con adición de polvo de caucho procedente de neumáticos de fuera de uso, por cuestiones de sostenibilidad ambiental"
 - Art. 542 y 543 del PG-3 actualizados: En la selección del ligante a emplear se indica que cuando incluya caucho deberá cumplir la reglamentación específica vigente de la Dirección General de Carreteras relativa a betunes con incorporación de caucho, en clara referencia a las OC 21/2007 y 21bis/2009, así como al artículo 212





NORMATIVA ESPAÑOLAS DE MEZCLAS CON CAUCHO

SELECCIÓN DE LIGANTES EN LOS ARTÍCULOS 542 Y 543 ACTUALIZADOS

TABLA 542.1.a - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE (*) (Artículos 211 y 212 de este Pilego, y reglamentación específica vigente DGC)

ZONA	ZONA			DE TRÁFICO PE	SADO	
TÉRMICA ESTIVAL TOO		T0	Т1	T2 y T31	T32 y ARCENES	T4
CÁLIDA	35/ BC38 PMB 25 PMB 45	5/50 5/55-65	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70	
MEDIA	35/50 35/50 50/70 50/70 50/70 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65 PMB 45/80-60 PMB 45/80-60			50/70 70/100	50/70 70/100 BC50/70	
TEMPLADA	50/ BC50 PMB 45 PMB 45	0 <mark>/70</mark> 5/80-60			BC50/70	

⁽¹⁾ Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 de este Pilego. En ese caso, a la denominación del betún se afladirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos fuera de uso.

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

TABLA 543.1 - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR (*)

(Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

TIDO DE	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO						
TIPO DE MEZCLA	Т00 у Т0	T1	T2 (**) y T31	T32 y ARCENES	T 4		
DISCONTINUA	PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70			
DRENANTE	PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70			

^(*) Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 de este Pliego. En ese caso, a la denominación del betún se le añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos fuera de uso.

• Los artículo 542 y el 543 del PG-3 animan al empleo de caucho: "Según lo dispuesto en el apartado 8 del Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015, se fomentará el uso de polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos fuera de uso, siempre que sea técnica y económicamente posible."

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

^(**) Para tráfico T2 se emplearán betunes modificados en autovías o cuando la IMD sea superior a 5 000 vehículos por día y carril.



Nueva GUÍA PARA LA FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DE MEZLCAS BITUMINOSAS CON POLVO DE NEUMÁTICO

Índice del la Guía:

- 1. Presentación
- 2. Normativa española de mezclas bituminosas con polvo de caucho
- 3. Efectos del caucho en las mezclas bituminosas
- 4. Diseño de las mezclas bituminosas con caucho
- 5. Fabricación de mezclas bituminosas con caucho
- 6. Extendido y compactación en el pavimento
- 7. Control de calidad

Anexo I: Mezclas tipo con polvo de caucho

Anexo II: Marcado CE de mezclas con polvo de caucho



TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN LA GUÍA

LA GUÍA HA REALIZADO UN ESTUDIO DE LOS TIPOS DE MEZCLAS:

	Posición de capa:	Tráfico de	Tipo de	Tipo de ligante:	Vía seca
		camiones:	mezcla:		
			BBTM 11 A	PMB 45/80-60 C	SI
¥			BBTM 11 B	PMB 45/80-65 C	
FIRME	Rodadura	Elevado (T00 – T1)	PA 11	PMB 45/80-65 C	
	Kouduurd		SMA	PMB 45/80-65 C	SI
DEL			Antifisuras ⁽²⁾	BMAVC-1	
		Medio bajo (T2-T4)	AC 16 surf S	BC 50/70	
CAPAS	Intermedia	Todos los tráficos (T00-T4)	AC 22 bin S	BC 50/70	SI
	Base	Todos los tráficos (T00-T4)	AC 32 base G	BC 35/50	
	Explanada				



DISEÑO DE MEZCLAS BITUMINOSAS CON CAUCHO

- Ideas IMPORTANTES sobre la dosificación de mezclas con caucho:
 - No es correcto aplicar fórmulas de trabajo preexistentes a mezclas bituminosas que ahora introducirán caucho
 - Si bien es cierto que la introducción de caucho incrementa –casi siempre ligeramente- el contenido de huecos en mezcla, <u>en muchos casos no se precisan retoques en la fórmula</u> o si se precisan son mínimos
 - Las mezclas con caucho pueden funcionar correctamente con el mismo contenido de ligante que las mezclas análogas. No obstante, <u>la magnífica</u> <u>resistencia a las deformaciones plásticas</u> que ofrecen las mezclas bituminosas con caucho <u>permiten incrementar el contenido de ligante</u> para obtener una durabilidad incrementada



DISEÑO DE MEZCLAS BITUMINOSAS CON CAUCHO

La granulometría será por tanto la que corresponda al tipo de mezcla de que se trate: AC, BBTM, SMA o antifisuras. Si se observa que los huecos en mezcla son más elevados de lo deseados analizar, <u>antes de retocar la granulometría:</u>

- Vía húmeda:
 - ✓ Contenido de partículas de caucho
 - ✓ Incrementar 5-10°C la temperatura de fabricación

•Vía seca:

- ✓ Reducir la granulometría del caucho
- ✓ Reducir el contenido de caucho en la mezcla
- ✓ Comprobar el tiempo de digestión
- ✓ Elevar 5-10°C la temperatura de fabricación
- ✓ Reducir la granulometría de caucho a 0/0,5 mm



TEMPERATURAS DE FABRICACIÓN:

Granulometría	Tipo Ligante	(%)	Sin caucho	Vía húmeda	Vía seca
BBTM 11 A	PMB 45/80-60C	5,5	165	165	170 (+90 min a 160°C)*
BBTM 11 B	PMB 45/80-65C	5,0	165	165	-
PA 11	PMB 45/80-65C	4,5	165	165	-
SMA 11	PMB 45/80-65+fibra PMB 45/80-65C	6,2	165	165	170 (+90 min a 160ºC)*
AC 16 surf S	BC 50/70	5,0	160	165	-
AC 22 bin S	BC 50/70	4,5	160	165	170 (+90 min a 160ºC)*
AC 32 base S	BC 35/50	4,5	160	165	-

RECOMENDACIONES DE FABRICACIÓN, PUESTA EN OBRA Y CALIDAD

















- LA GUÍA CONTIENE RECOMENDACIONES DETALLADAS SOBRE:
 - ALMACENAMIENTO DE LOS BETUNES:
 - Fabricados en terminal convencional y transportados a obra
 - Fabricados in situ
 - FABRICACIÓN POR VÍA HÚMEDA
 - FABRICACIÓN POR VÍA SECA
 - Incluye manejo del polvo de caucho en la central
 - FABRICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE CENTRAL
 - Centrales continuas
 - Centrales discontinuas
 - TRANSPORTE Y DESCARGA EN EXTENDEDORA / TRANSFER
 - COMPACTACIÓN
 - TEMPERATURAS DE TODO EL PROCESO
 - CONTROLES DE CALIDAD



MEZCLAS TIPO: mezcla BBTM 11 A

Contenido de ligante	Norma	BBTM 11A vía húmeda	BBTM 11A vía seca	PG3 Artículo 543
Contenido de ligante (%)		5,5		>5,2%
Tipo de ligante		PMB 45/80-60 C	B 50/70 y 1% polvo de caucho por vía seca	
Relación polvo mineral/betún		1,5		≥ 1,2 y ≤ 1,6
Densidad máxima (g/cm³)	UNE-EN 12697-5	2,494	2,480	
Densidad aparente (g/cm³)	UNE-EN 12697-6	2,374	2,371	
Huecos en mezcla (%)	UNE-EN 12697-8	4,81	4,40	≥ 4
Resistencia a tracción indirecta, probetas secas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	1,578	1,559	
Resistencia a tracción indirecta, probetas húmedas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	1,562	1,434	
Resistencia conservada a tracción indirecta, ITSR (%)	UNE-EN 12697-12	99	92	≥ 90
Densidad (g/cm3)		2,350	2,347	
Temperatura (°C)		60	60	
Espesor de probeta (mm)	UNE-EN 12697-22	40	40	
NTSaire (mm/103 ciclos)		0,030	0,025	≤ 0,07
PRDaire (%)		4,78	5,51	



MEZCLAS TIPO: mezcla BBTM 11 B

Contenido de ligante	Norma	BBTM 11B vía húmeda	PG3 Artículo 543
Contenido de ligante (%)		5	>4,75
Tipo de ligante		PMB 45/80-65C	
Relación polvo mineral/betún		1,1	≥ 1,0 y ≤ 1,2
Densidad máxima (g/cm³)	UNE-EN 12697-5	2,510	
Densidad aparente (g/cm³)	UNE-EN 12697-6	2,098	
Huecos en mezcla (%)	UNE-EN 12697-8	16,55	≥ 12 y ≤ 18
Resistencia a tracción indirecta, probetas secas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	1,092	
Resistencia a tracción indirecta, probetas húmedas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	981	
Resistencia conservada a tracción indirecta, ITSR (%)	UNE-EN 12697-12	90	≥ 90
Densidad (g/cm ₃)		2,08	
Temperatura (°C)		60	
Espesor de probeta (mm)	UNE-EN 12697-22	40	
WTSaire (mm/10 ³ ciclos)		0,066	≤ 0,07
PRDaire (%)		5,43	



MEZCLAS TIPO: mezcla PA 11

Contenido de ligante	Norma	PA 11 vía húmeda	PG3 Artículo 543
Contenido de ligante (%)		4,5	>4,3%
Tipo de ligante		PMB 45/80-65 C	
Relación polvo mineral/betún		1,02	≥ 0,9 y ≤ 1,1
Densidad máxima (g/cm³)	UNE-EN 12697-5	2,514	
Densidad aparente (g/cm³)	UNE-EN 12697-6	1,928	
Huecos en mezcla (%)	UNE-EN 12697-8	23,3	≥ 20
Resistencia a tracción indirecta, probetas secas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	0,935	
Resistencia a tracción indirecta, probetas húmedas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	0,792	
Resistencia conservada a tracción indirecta, ITSR (%)	UNE-EN 12697-12	84,7	≥ 85
Pérdida de partículas en mezclas drenantes (%)	UNE-EN 12697-17	19,6	> 20
Escurrimiento de ligante	UNE-EN 12697-18	nulo	nulo



MEZCLAS TIPO: mezcla SMA 11

	Norma	SMA 11 vía húmeda	SMA 11 vía seca	PPT-SMA
Contenido de ligante (%)		6,2	6,2	>5,8%
Tipo de ligante		PMB 45/80-65 C	B 50/70 y 1,25% polvo de caucho por vía seca	
Relación polvo mineral/betún		1,36	1,36	≥ 1,2 y ≤ 1,6
Densidad máxima (g/cm³)	UNE-EN 12697-5	2,474	2,455	
Densidad aparente (g/cm³)	UNE-EN 12697-6	2,356	2,337	
Huecos en mezcla (%)	UNE-EN 12697-8	4,8	4,8	≥ 4 y ≤ 6
Resistencia a tracción indirecta, probetas secas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	1,478	1,479	
Resistencia a tracción indirecta, probetas húmedas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	1,433	1,433	
Resistencia conservada a tracción indirecta, ITSR (%)	UNE-EN 12697-12	97	97	≥ 90
Densidad (g/cm3)		2,343	2,320	
Temperatura (°C)		60	60	
Espesor de probeta (mm)	UNE-EN 12697-22	40	40	
WTSaire (mm/10 ³ ciclos)	1 Γ	0,038	0,061	≤ 0,07
PRDaire (%)	1	4,5	5,2	



MEZCLAS TIPO: mezcla ANTIFISURAS CON BMAVC

	Norma	AC32 G (vía húmeda)
Contenido de ligante (%)		7,8
Tipo de ligante		BMAVC-1
Relación polvo mineral/betún		0,63
Densidad máxima (g/cm³)	UNE-EN 12697-5	2,387
Densidad aparente (g/cm³)	UNE-EN 12697-6	2,296
Huecos en mezcla (%)	UNE-EN 12697-8	4,4
Resistencia a tracción indirecta, probetas secas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	1,412
Resistencia a tracción indirecta, probetas húmedas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	1,304
Resistencia conservada a tracción indirecta, ITSR (%)	UNE-EN 12697-12	92,4
	·	
Densidad (g/cm3)		2,274
Temperatura (°C)		60
Espesor de probeta (mm)	UNE-EN 12697-22	60
WTSaire (mm/10 ³ ciclos)		0,064
PRDaire (%)		5,77



MEZCLAS TIPO: mezcla AC 16 surf S

	Norma	AC16 S vía húmeda	PG-3 Artículo 542
Contenido de ligante (%)		5	>4,5
Tipo de ligante		BC 50/70	
Relación polvo mineral/betún		1,1	1,1
Densidad máxima (g/cm³)	UNE-EN 12697-5	2,478	
Densidad aparente (g/cm³)	UNE-EN 12697-6	2.367	
Huecos en mezcla (%)	UNE-EN 12697-8	4.5	≥ 4 y ≤ 6
Resistencia a tracción indirecta, probetas secas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	2,024	
Resistencia a tracción indirecta, probetas húmedas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	1,951	
Resistencia conservada a tracción indirecta, ITSR (%)	UNE-EN 12697-12	96	≥ 90
Densidad (g/cm3)	_	2,346	
Temperatura (°C)	<u> </u>	60	
Espesor de probeta (mm)	UNE-EN 12697-22	40	
WTSaire (mm/10 ³ ciclos)		0,054	≤ 0,07
PRDaire (%)	Г	3,5	



MEZCLAS TIPO: mezcla AC 22 bin S

		<u> </u>		
	Norma	AC22 S (vía húmeda)	AC22 S (vía seca)	PG-3 Artículo 542
Contenido de ligante (%)		4,5	4,5	≥ 4
Tipo de ligante		BC 50/70	B70/100 + 1% polvo de caucho	
Relación polvo mineral/betún		1,13	1,13	1,1
Densidad máxima (g/cm³)	UNE-EN 12697-5	2,478	2,464	
Densidad aparente (g/cm³)	UNE-EN 12697-6	2,345	2,328	
Huecos en mezcla (%)	UNE-EN 12697-8	5,37	5,5	≥ 4 y ≤ 6
Resistencia a tracción indirecta, probetas secas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697- 22	2,187	2,220	
Resistencia a tracción indirecta, probetas húmedas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697- 22	2,092	1,903	
Resistencia conservada a tracción indirecta, ITSR (%)	UNE-EN 12697- 12	96	96	≥ 80
Densidad (g/cm3)		2,346	2,311	
Temperatura (°C)		60	60	
Espesor de probeta (mm)		30	60	
WTSaire (mm/10 ³ ciclos)	UNE-EN 12697-22	0,056	0,059	≤ 0,07
PRDaire (%)		4,1	3,6	



MEZCLAS TIPO: mezcla AC 32 base G

	Norma	AC32 G (vía húmeda)	PG-3 Artículo 542
Contenido de ligante (%)		4,5	> 4%
Tipo de ligante		BC 35/50	
Relación polvo mineral/betún		0,93	≥ 0,9 y ≤ 1
Densidad máxima (g/cm³)	UNE-EN 12697-5	2,479	
Densidad aparente (g/cm³)	UNE-EN 12697-6	2,313	
Huecos en mezcla (%)	UNE-EN 12697-8	6,7	≥ 4 y ≤ 8
Resistencia a tracción indirecta, probetas secas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	1,830	
Resistencia a tracción indirecta, probetas húmedas, ITS (MPa)	UNE-EN 12697-22	1,466	
Resistencia conservada a tracción indirecta, ITSR (%)	UNE-EN 12697-12	80	≥ 80
			1
Densidad (g/cm3)		2,278	
Temperatura (°C)		60	
Espesor de probeta (mm)	UNE-EN 12697-22	60	
WTSaire (mm/10 ³ ciclos)		0,029	≤ 0,07
PRDaire (%)		2,9	



MARCADO CE DE LAS MEZCLAS CON CAUCHO

CON CARÁCTER GENERAL, EN TODO TIPO DE MEZCLAS BITUMINOSAS:

Son tareas del fabricante:

- ➤ Realizar los ensayos iniciales de tipo (los puede hacer el propio fabricante o encargarlos a un laboratorio externo acreditado)
- ➤ Elaborar un protocolo "Control de Producción en Fábrica"
- ➤ Ensayar las muestras tomadas periódicamente en la central de fabricación, de acuerdo a un plan establecido

Las tareas del organismo externo notificado son:

- ➤ Inspección inicial de la central de fabricación, para emitir el Certificado de Conformidad CE del Control de Producción en Fábrica
- ➤ Realizar inspecciones anuales para renovar el Certificado anterior



MARCADO CE DE LAS MEZCLAS CON CAUCHO

Una vez puesto en marcha el marcado CE en una central de fabricación de mezclas bituminosas ésta dispondrá de tres documentos que le permiten comercializar sus mezclas bituminosas:

- ☐ Certificado de Conformidad del Marcado CE del Control de Producción en Fábrica
- Declaración de Prestaciones de cada mezcla
- Marcado CE de cada mezcla

MEZCLAS CON CAUCHO POR VÍA HÚMEDA:

El CCCPF debe incluir la nueva mezcla; Nueva declaración de prestaciones y marcado CE de la nueva mezcla. Se facilita con el marcado CE previo del betún.

MEZCLAS CON CAUCHO POR VÍA SECA:

El CCCPF debe incluir la nueva mezcla; Nueva declaración de prestaciones y marcado CE de la nueva mezcla. Resulta más sencillo marcar la nueva mezcla considerándola una de las anteriores, que incluye un aditivo: caucho.

CONCLUSIONES – GUÍA DE MEZCLAS BITUMINOSAS CON CAUCHO

- LA GUÍA ES UN DOCUMENTO PARA **FACILITAR EL EMPLEO DE**MEZCLAS CON CAUCHO
- ESTÁ DIRIGIDA TANTO A **LABORATORIOS** COMO A **CONSTRUCTORES, EMPRESAS DE CALIDAD Y ADMINISTRACIONES**
- SE CONSIDERAN IGUALMENTE **TODAS LAS TECNOLOGÍAS** DE EMPLEO DE CAUCHO: **TERMINAL / IN SITU / VÍA SECA**
- SE CUBRE DISEÑO / FABRICACIÓN / PUESTA EN OBRA / CALIDAD
- SE DAN LAS ORIENTACIONES PARA EL MARCADO CE

... MUCHAS GRACIAS

