

APLICACIÓN DEL GRANULADO DE CAUCHO PROCEDENTE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS.

CLAVES PARA SU DESARROLLO

Mercedes Gómez Álvarez

Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INFRAESTRUCTURAS

SECRETARÍA GENERAL
DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL
DE CARRETERAS

CLAVES PARA SU DESARROLLO:

- Promover y acumular experiencia
- **Establecer normativa técnica**



- OC 5bis/2002
- FOM/891/2004

En relación con las mezclas bituminosas:

“...En las obras en las que la utilización del producto resultante de la trituración de neumáticos sea técnica y económicamente viable se dará prioridad a estos materiales.”



CLAVE PARA EL DESARROLLO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INFRAESTRUCTURAS

SECRETARÍA GENERAL
DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL
DE CARRETERAS



NORMATIVA TÉCNICA



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS

SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

OC 21/2007 Sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos fuera de uso

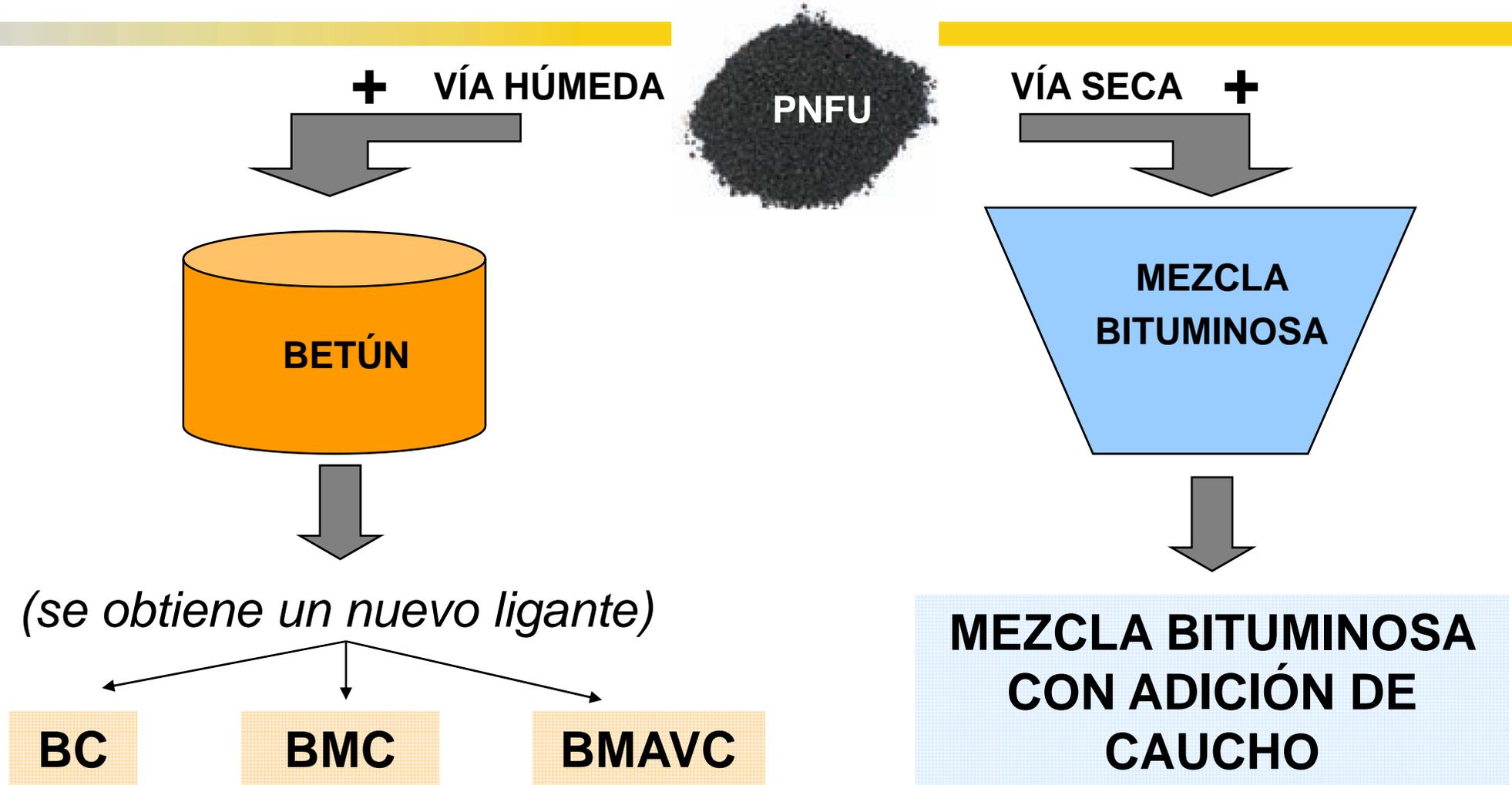


- Su aprobación ha sido clave en el desarrollo de estas técnicas
- Establece las **condiciones** para que se considere técnica y económicamente viable
- Define distintos **procedimientos**
- **Criterios de aplicación** de cada procedimiento



OC 21/2007: DEFINE PROCEDIMIENTOS

8



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS

SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

VÍA HÚMEDA: mezcla a alta temperatura de PNFU con betún de penetración

- en una planta de fabricación de betunes modificados

ó

- en instalaciones in situ ubicadas en la planta de fabricación de mezcla bituminosa



OC 21/2007: DEFINE NUEVOS LIGANTES

10

BETUN MEJORADO CON CAUCHO (BC):

Característica		Norma de referencia	Unidad	BC35/50	BC50/70
Betún original					
Penetración, 25°C		UNE EN 1426	0,1mm	35-50	50-70
Punto de reblandecimiento anillo y bola		UNE EN 1427	°C	≥ 58	≥ 53
Punto de fragilidad Fraass		UNE EN 12593	°C	≤ -5	≤ -8
Fuerza ductilidad (5cm/min)	5°C	UNE EN 13589 UNE EN 13703	J/cm ²	≥ 0,5	
Recuperación elástica a 25 °C		UNE EN 13398	%	≥ 10	
Estabilidad al almacenamiento(*)	Diferencia anillo y bola	UNE EN 13399	°C	≤ 10	
	Diferencia de penetración		0,1mm	≤ 8	≤ 10
Solubilidad		UNE EN 12592	%	≥ 92	
Punto de Inflamación v/a		UNE EN ISO 2592	°C	≥ 235	
Residuo del ensayo de película fina y rotatoria UNE EN 12607-1					
Variación de masa		UNE EN 12607-1	%	≤ 1,0	
Penetración retenida		UNE EN 1426	%p.o.	≥ 65	≥ 60
Variación del Punto de Reblandecimiento		UNE EN 1427	°C	mín -4 máx +8	mín -5 máx +10



BETUN MODIFICADO CON CAUCHO (BMC):

- Debe cumplir las **especificaciones de artículo 215** de betunes modificados con polímeros del PG-3



OC 21/2007: DEFINE NUEVOS LIGANTES

12

BETUN MODIFICADO DE ALTA VISCOSIDAD CON CAUCHO (BMAVC):

Característica		Norma de referencia	Unidad	BMAVC-1	BMAVC-2	BMAVC-3
Betún original						
Penetración, 25°C		UNE EN 1426	0,1mm	15-30	35-50	55-70
Punto de Reblandecimiento		UNE EN 1427	°C	≥ 75	≥ 70	≥ 70
Punto de Fragilidad Fraass		UNE EN 12593	°C	≤ -4	≤ -8	≤ -15
Fuerza Ductilidad (5cm/min)	5°C	UNE EN 13589	J/cm ²	--	≥ 2	≥ 3
	10 °C	UNE EN 13703		≥ 2	--	--
Consistencia (Flotador a 60°C)		NLT 183	s	≥ 3000		
Viscosidad dinámica	135 °C	UNE EN 13302	mPa.s		≤ 7500	≤ 5000
	170°C			≥ 2000	≥ 1200	≥ 800
Recuperación elástica		UNE EN 13398	%	≥ 10	≥ 20	≥ 30
Estabilidad al almacenamiento (*)	Diferencia de anillo y bola	UNE EN 13399	°C	≤ 5		
	Diferencia de penetración		0,1mm	≤ 20		
Punto de Inflamación v/a		UNE EN ISO 2592	°C	≥ 235		
Residuo del ensayo de película fina y rotatoria UNE EN 12607-1						
Variación de masa		UNE EN 12607-1	%	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0
Penetración retenida		UNE EN 1426	%p.o.	≥ 60		
Variación del Punto de Reblandecimiento		UNE EN 1427	°C	mín -4 máx +10		mín -5 máx +12



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

VÍA SECA:

Consiste en la incorporación del polvo de caucho de NFU directamente en la amasadora como si de un árido mineral se tratara

Mezcla bituminosa en caliente con adición de caucho



BETUN MODIFICADO CON CAUCHO:

Se considera a todos los efectos como un betún modificado del 215:

- mismas especificaciones  **mismas aplicaciones**
- En MB según Tabla de betunes de artículos 542 y 543
- En fabricación de emulsiones de reología modificada



BETUN MEJORADO CON CAUCHO:

Se consideran **mismas aplicaciones** que las de **betunes de penetración**:

- En MB según Tabla de betunes de artículos 542 y 543, mismas condiciones y capas que betunes de penetración
- En fabricación de emulsiones de reología modificada



TABLA 542.1 A) TIPO DE LIGANTE PARA CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y arcenes	T4
CÁLIDA	B40/50 BC35/50 BM-2 BM-3c		B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-2 BM-3b BM-3c	B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-3b	B60/70 BC50/70	
MEDIA	B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-3b BM-3c		B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-3b	B60/70 BC50/70 BM-3b	B60/70 B80/100 BC50/70	B60/70 B80/100 BC50/70
TEMPLAD A	B60/70 BC50/70 BM-3b BM-3c			B60/70 B80/100 BC50/70 BM-3b		



TABLA 542.1 B TIPO DE LIGANTE PARA CAPA DE BASE BAJO OTRAS DOS

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T00	T0	T1	T2 y T3
CÁLIDA	B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70		B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70	B60/70 BC50/70
MEDIA	BM-2			B60/70 B80/100 BC50/70
TEMPLADA	B60/70 B80/100 BC50/70			B80/100

TABLA 543.1 TIPO DE LIGANTE MEZCLAS DRENANTES Y DISCONTINUAS

TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00 y T0	T1	T2(*) y T31	T32 y arcenes	T4
DISCONTINUA	BM-3c	BM-3c BM-3b	BM-3b B60/70 BC50/70	B60/70 B80/100 BC50/70	
DRENANTE	BM-3c	BM-3c BM-3a BM-3b	BM-3a BM-3b B60/70 BC50/70	B60/70 B80/100 BC50/70	



BETUN MODIFICADO DE ALTA VISCOSIDAD CON CAUCHO (BMAVC):

Aplicaciones específicas en las que se requiera **resistencia muy alta a la fisuración por reflexión** de grietas de las capas inferiores, en firmes con bases tratadas con cemento y en pavimentos de hormigón que presenten esta tipología de deterioro



MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE CON ADICION DE CAUCHO (VIA SECA):

Aplicación en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4



La DGC tiene previsto **continuar** construyendo **tramos experimentales**:

- Confirmar las consideraciones de la OC 21/2007
- Mejorar el conocimiento científico y técnico sobre la aplicación del PNFU

Se crea una **Comisión de Seguimiento** de la aplicación de la OC 21/2007



OC 21bis/2009 Sobre betunes mejorados y betunes modificados de alta viscosidad con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) y **criterios a tener en cuenta para su fabricación in situ y almacenamiento en obra**



INSTALACIONES NECESARIAS:

- Sistema de almacenamiento e incorporación de PNFU con dosificación ponderal
- Mezclador del betún con el caucho
- Depósito con agitación para que se produzca la digestión
- Tanque de almacenamiento
- Centro de control del proceso



Establecer un **PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN:**

- Tiempo min. de mezclado (al menos 45 min)
- Tiempo min. de digestión (al menos 8h)
- Tiempo máximo de almacenamiento (max 72h)
- Temperatura de mezclado (entre 160-200 °C)
- Temperatura de almacenamiento (≥ 160 °C)



Condiciones de almacenamiento tanto para los fabricados en central como in situ:

- **Tiempo max.** de almacenamiento = 72 h
- Tanques calorífugos, con **recirculación y agitación**
- Sistema de calefacción de recubrimiento exterior del tanque
- Preferibles tanques verticales



TRAMOS EXPERIMENTALES EN EJECUCIÓN

EMPLEO A CORTO PLAZO



Las Ordenes de Estudio de Proyectos de Rehabilitación incluyen el empleo de betunes mejorados con caucho



CONCLUSIONES DE LOS TRAMOS EXPERIMENTALES ²⁷

J. Payán de Tejada. Congreso de Firmes de Valladolid (2008):

Características de las mezclas con betunes mejorados:

- Mismo sistema de formulación, fabricación y ejecución
- Valores de módulos inferiores
- Mayor resistencia a fatiga
- Sensibilidad al agua similar
- Mejor resistencia frente a deformaciones plásticas
- Mismas características superficiales



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INFRAESTRUCTURAS

SECRETARÍA GENERAL
DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL
DE CARRETERAS