

Sistemas de incorporación de polvo de NFU por vía húmeda: Fabricación en Central

Francisco Lucas

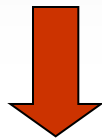
Santiago de Compostela, 28 noviembre 2013



Neumáticos fuera de uso (NFU): Un problema



- Son casi indestructibles
- Son refugio ideal de microorganismos
- No son compactables debido a su flexibilidad
- Inflamables
- Acumulan lixiviados y gases



**RESIDUO ACUMULADO
EN VERTEDEROS**



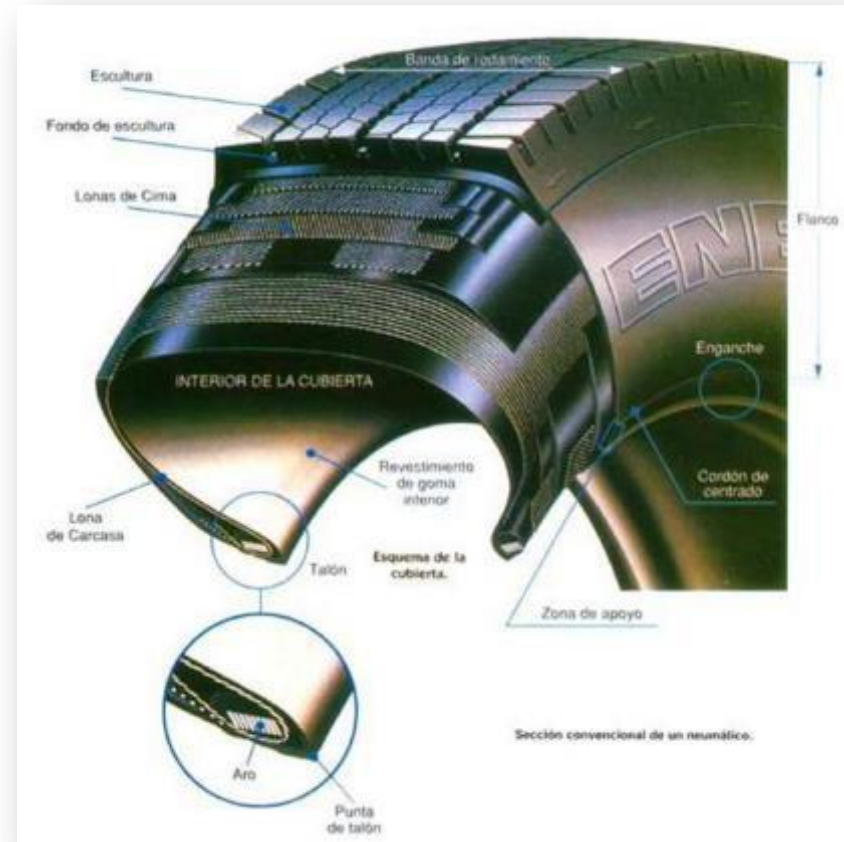
Foto 9.- Incendio en un vertedero de neumáticos usados



Composición de los NFU



MATERIALES	RUEDAS TURISMOS	RUEDAS PESADOS
Caucho natural	15%	40%
Caucho sintético	25%	8%
Negro de carbono y sílice	28%	23%
Metal	13%	22%
Textil	5%	0%
Óxido de Zinc	1%	2%
Azufre	1%	1%
Aditivos	12%	4%



Neumáticos fuera de uso (NFU): MARCO NORMATIVO ESPAÑOL



- Ley 10/1998 de residuos. “Principio de jerarquía”: REDUCIR, REUTILIZAR, RECICLAR y VALORIZAR.
- I Plan Nacional Neumáticos Fuera de Uso (2001-2006)
 - ✓ Prohibido vertido neumáticos enteros a partir de 2003 y troceados a partir del 2006
 - ✓ Valorizar al menos un 65% antes del 2005
 - ✓ Reciclar al menos un 25% antes del 2007
- II Plan Nacional Neumáticos fuera de Uso (2008-2015)
 - ✓ Reducir el 10% de NFU
 - ✓ Recuperar y valorizar el 98% de los NFU generados
 - ✓ Reciclar el 50% de los NFU’s generados (el 80% de los mismos como material de carreteras, APROX: 100.000 TN/PNFU=>27 MTN mbc)
- Directiva sobre incineración de residuos 2008 (límites de emisión de gases a la atmósfera)

Polvo de NFU vs. MBC (España)

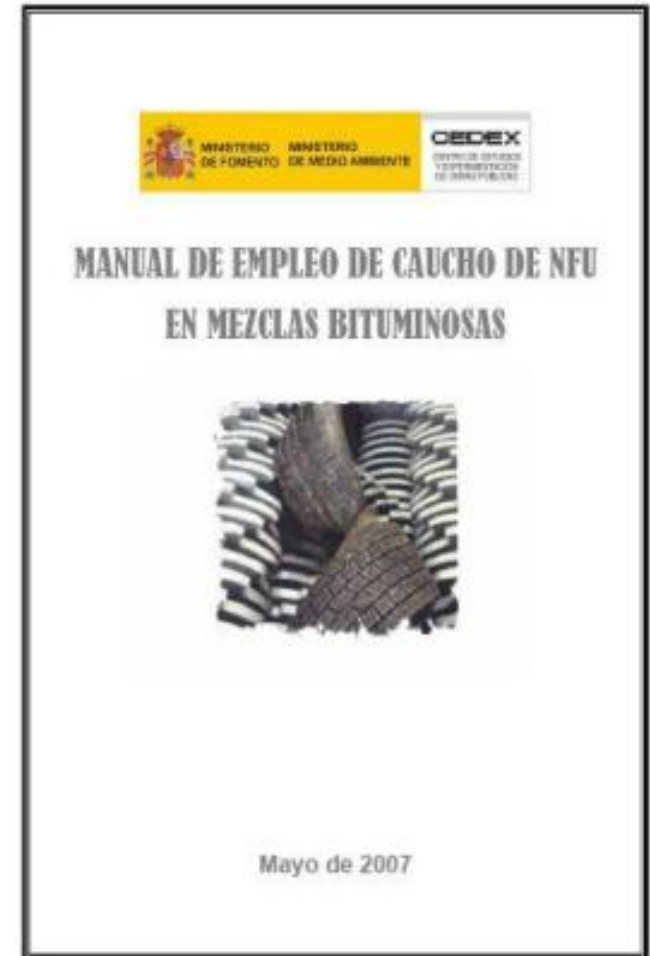


- Experiencias españolas en los '70, vía húmeda. La aparición de los betunes modificados con polímero frenan los desarrollos.
- **ISTEA 1991 (EE.UU)**, aunque revocada, genera numerosas nuevas patentes: estabilización, desvulcanización,...y activación de la técnica, especialmente vía húmeda “en central”
- Nuevas experiencias en España, desde '96, vía húmeda y seca, desde 2000, desarrollo de betunes-caucho de alta viscosidad.
- **I y II Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso**, 2001 y 2008
- **Manual CEDEX** “Empleo de NFU en MB”, 2006
- **Cambios en PG-3**: art. 215 y preferencia para el uso de NFU.
- **O.C. 21/2007**: Especificaciones de los BC, BMC y BMAVC (vía húmeda) y definición de las MBC con adición de caucho (vía seca)
- **O.C. 21 bis/2009**: Criterios a tener en cuenta en fabricación in situ y almacenamiento vía húmeda in situ y en central.

Polvo de NFU vs. MBC (España)



- Técnicas de empleo de polvo de NFU en materiales bituminosos
- Materiales y dosificación de ligantes y mezclas bituminosas con polvo de NFU: Caracterización de los ligantes y el PNFU
- Fabricación de ligantes y mezclas con PNFU: Vías seca y húmeda
- Puesta en obra
- Control de calidad



O.C. 21/2007 Y O.C. 21bis/2009



O.C. 21/2007

- Especifica las gamas de ligantes fabricados con PNFU Mejorados BC, Modificados BMC y Modificados de Alta viscosidad BMAVC.
- Refiere la vía húmeda en central y húmeda “in situ”, para cada tipo de ligante considerado. Para la vía seca, considera la “MBC con adición de caucho”
- Indica el tipo de mezclas/secciones, con referencia a PG-3 y 6.1 IC, en los que pueden ser empleados.

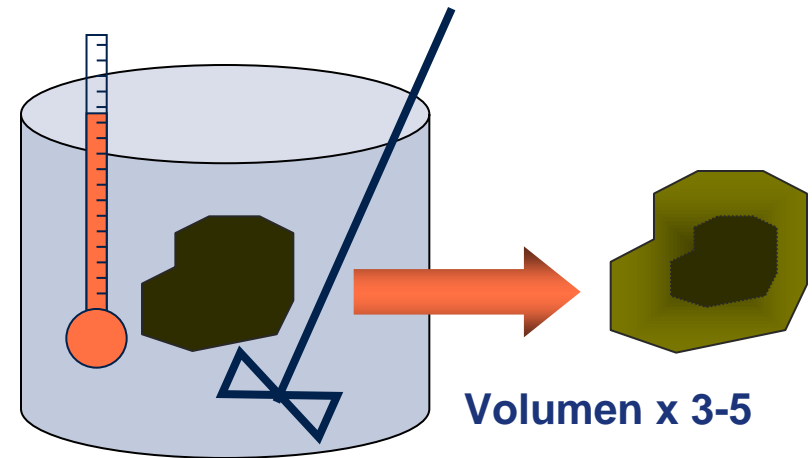
O.C. 21bis /2009

- Orden Circular que complementa la OC 21/2007
- Sólo aplicable a betunes BC y BMAVC por vía húmeda in situ o en central
- Fundamentalmente indica los criterios de fabricación y almacenamiento de este tipo de ligantes.

La interacción betún-caucho NFU



- En la vía “húmeda”, el polvo de NFU se incorpora al betún
- Las partículas de NFU absorben fracciones aromáticas, se hinchan (**swell**) y plastifican → aumento de la viscosidad del sistema betún+polvo y del “tac”
- Parcialmente mantienen su elasticidad: **caucho-árido**
- La velocidad de reacción depende de:
 - ✓ Superficie específica caucho → granulometría, sistema de producción
 - ✓ Temperatura y Energía de Mezclado
- Compatibilidad:
 - ✓ Tipo de caucho de los NFU
 - ✓ Origen del betún
- Análisis de propiedades:
 - ✓ Dispersión sólido-líquido
 - ✓ Mejora: Viscosidad y AyB
 - ✓ Ductilidad y Ret. Elástico “mediocres”



La interacción betún-caucho NFU



- **Efecto swell:** permite aumentar contenido de ligante

- ✓ Resistencia a fisuración
- ✓ Resistencia a fatiga
- ✓ Envejecimiento
- ✓ DURABILIDAD

- **Efecto caucho-árido:**

- ✓ Resistencia a deformaciones plásticas
- ✓ Resistencia al deslizamiento
- ✓ Facilidad de rotura de película de hielo

- **Posibles problemas:**

- ✓ Riesgo de exudaciones
- ✓ Problemas de compactación
- ✓ Módulos y estabilidades menores



Betunes Mejorados con Caucho BC



- BC. Betunes-caucho que no alcanzan propiedades del art. 215, pero sí propiedades mejoradas (AyB, R.Elast...) respecto a los normales
- Especificados dos tipos: 35/50 y 50/70
- Caucho NFU: 6-8%
- Aplicaciones: las mismas que las de los betunes normales:
 - ✓ MBC cerradas en capas de base e intermedia en T00 a T2, exc. BAM.
 - ✓ Capas de rodadura AC D y S, y BBTM A y B para T2 a T4 donde no son obligatorios los BM del art. 215



Betunes Modificados con Caucho BMC



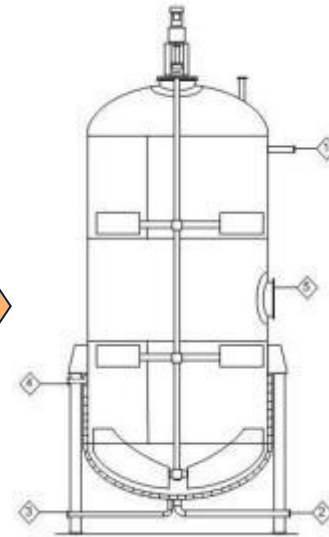
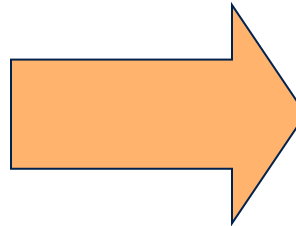
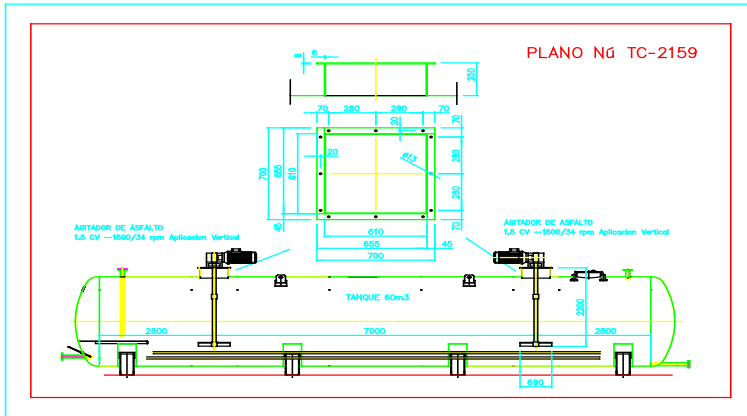
- BMC. Betunes modificados con caucho que cumplen el art. 215 del PG-3
- Ductilidad y Retorno elástico
 - ✓ Directamente en los tipo “plastómero” (BMC-1, BMC-2, BMC-3a)
 - ✓ Con algún aditivo en los tipo “elastómero” (BMC-3b/c, BMC-4, BMC-5)
- Caucho NFU: 8-12%
- Aplicaciones: las mismas que las de los BMP “clásicos”:
 - ✓ Obligatorio: rodaduras BBTM B o PA en T00 a T1 y alto módulo en T00 y T0
 - ✓ Otros: Rodaduras en T2, T3 y T4, capas muy resistentes a deform. plástica (BM-1, BM-2), fatiga (BM-3c, BM-4), sistemas antifisuras (BM-4, BM-5)

Betunes Alta Viscosidad con Caucho BMAVC



- BMAVC: viscosidad elevada, AyB superior a los del art. 215
- Experiencia básica: fabricación in situ. Algunas experiencias fabricados en central con BMAVC-3
- Aplicación más importante: mezclas discontinuas y/o abiertas de alto contenido en ligante ($> 7\%$) como rodadura de altas prestaciones o capa antifisuras
- Otras: mezclas muy resistentes a fatiga, drenantes alto % huecos
- No indicadas para mezclas cerradas tipo AC D o S
- Alternativas BMAV-3 sin caucho con alto retorno elástico $>70\%$

OC 21 bis/2009: Maduración betunes BC



ACTUALES

- Horizontales
- Salida a 30-40 cm por encima del fondo, con zona muerta (sin movimiento natural del producto)
- Sin agitación
- Con calentamiento interior (contacto directo del polvo-serpentín)

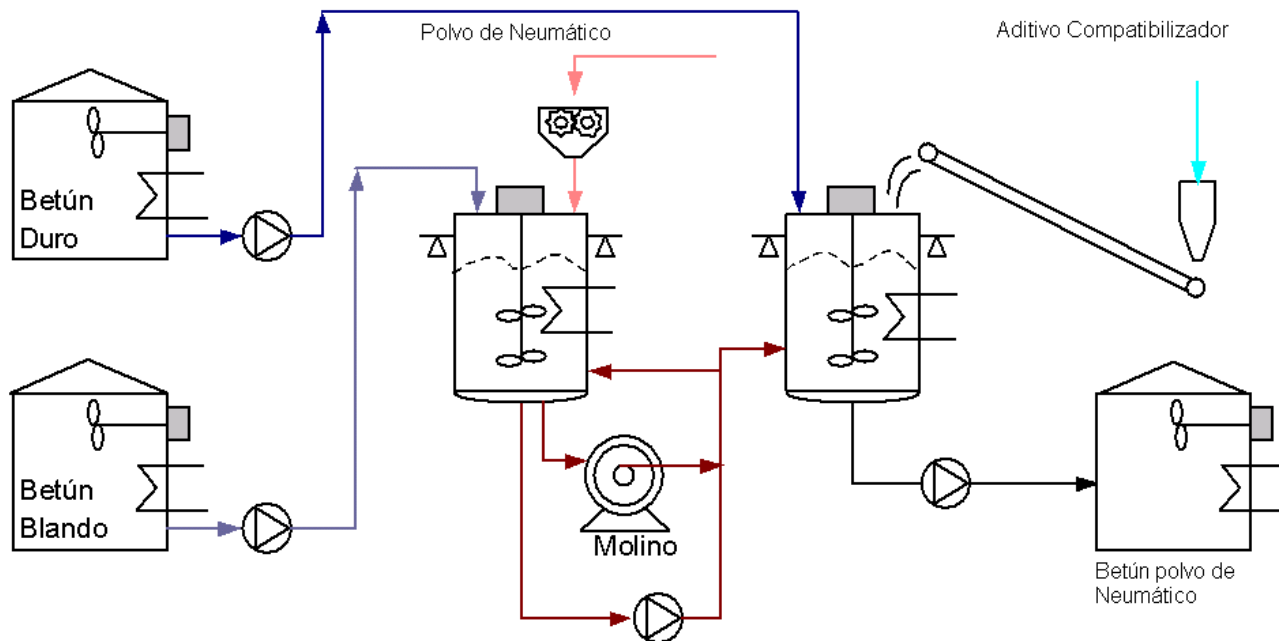
OC 21 BIS/2009

- Verticales **RECOMENDADO**
- Salida de fondo (sin zonas muertas) **RECOMENDADO**
- Agitación y recirculación (permitimos rehomogeneizar y asegurar digestión) **OBLIGATORIO**
- Calentamiento exterior (evitamos contacto directo en la masa polvo-serpentín) **OBLIGATORIO**

Vía húmeda “en central”: Esquema



- Típicos fabricantes de betunes modificados con polímero estables al almacenamiento.
- El betún y el polvo de neumático se mezclan en instalaciones fijas localizadas, y se procede a su maduración antes de ser enviado mediante cisternas a las plantas de mezclas bituminosas en caliente.



Conclusiones (I)



- Los neumáticos fuera de uso, representan un problema medioambiental. La legislación (impulso político), los sistemas integrados de recogida, reutilización y valorización de NFU, y la sensibilidad de ciertos sectores al problema, están posibilitando su minimización.
- La carretera es probablemente el mercado potencialmente más alto para la valorización del residuo.
- La normativa en materia de mezclas bituminosas para carreteras está ampliamente desarrollada, catalogando perfectamente las diferentes técnicas y gamas de ligantes que contemplan el empleo de PNFU.

Conclusiones (II)



- La vía húmeda de incorporación del PNFU al betún, en su empleo en la fabricación de MBC, es una alternativa de valorización material de los NFU, probada, con numerosas experiencias reales, y normalizada.
- El PNFU interactúa con el betún de penetración, confiriendo al ligante cualidades mejoradas.
- La vía húmeda en central, puede contemplar la fabricación de betunes mejorados BC, betunes modificados BMC.
- También contempla la fabricación de betunes modificados de alta viscosidad BMAVC tipo 3, con una menor viscosidad del sistema, pero con cualidades reológicas superiores mediante la adición de polímeros.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

@curro_lucas

