



Experiencias en españa del caucho de los neumáticos fuera de uso en carreteras

Autor: Juan Antonio Tejela Otero

Institución: Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER)

Resumen

Los neumáticos fuera de uso (NFU) son aquellos neumáticos que se han retirado del vehículo de manera permanente, no son un residuo peligroso en sí ya que prácticamente son productos inertes, pero por el elevado volumen que ocupan, 280.000 Tn / año aproximadamente se generan en España, hace que se haga imprescindible evitar su vertido. Los depósitos de neumáticos ocupan un gran volumen, al aire libre los depósitos de NFU son lugar propicio para la proliferación de todo tipo de seres vivos indeseables especialmente de insectos que pueden propagar enfermedades y constituyen un riesgo potencial de incendio que en el caso de producirse son de difícil extinción generando emisiones altamente contaminantes.

Los neumáticos fuera de uso (NFU) son aquellos neumáticos que se han retirado del vehículo de manera permanente, no son un residuo peligroso en sí ya que prácticamente son productos inertes, pero por el elevado volumen que ocupan, 280.000 Tn / año aproximadamente se generan en España, hace que se haga imprescindible evitar su vertido. Los depósitos de neumáticos ocupan un gran volumen, al aire libre los depósitos de NFU son lugar propicio para la proliferación de todo tipo de seres vivos indeseables especialmente de insectos que pueden propagar enfermedades y constituyen un riesgo potencial de incendio que en el caso de producirse son de difícil extinción generando emisiones altamente contaminantes.



Figura 1. Vertedero de neumáticos fuera de uso

La Directiva 1999 / 31 / CE, de 26 de abril de 1999, sobre vertido de residuos, prohíbe el vertido de neumáticos enteros en vertederos a partir del 16 de julio del 2003 y troceados a partir del 16 de julio de 2006.

En España, la Ley 10 / 1998 de residuos recientemente actualizada por la Ley de residuos 22 / 2011, establece para el tratamiento de los residuos el principio básico de jerarquía donde se da prioridad al reciclado material de los residuos frente a otras formas de valorizar.

El reciclado material de los neumáticos fuera de uso consiste básicamente en recuperar por separado los componentes del neumático es decir:

El caucho, el acero y las fibras textiles.

El caucho de NFU en forma de polvo o partículas finas procedente de la trituración y molienda de los neumáticos fuera de uso es un probado agente modificador cuando se incorpora a los betunes y a las mezclas bituminosas mejorando notablemente sus propiedades, entre otras:

- **Mejor comportamiento frente a la formación de fisuras y grietas**
- **Mejor comportamiento a las deformaciones plásticas**
- **Mayor resistencia a la fatiga**

El Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso aprobado el 5 de octubre de 2001 establece que **“En las obras públicas en que su utilización sea técnica y económicamente viable se dará prioridad a los materiales procedentes del reciclaje de NFU. En estos casos se exigirá la inclusión de este requisito en los correspondientes pliegos de prescripciones técnicas”**.

La Dirección General de Carreteras aprobó el 31 de octubre de 2002, la Orden Circular 5 bis/02 sobre las condiciones para la adición de polvo de neumáticos usados en las mezclas bituminosas, por la que se modificaban los artículos 540, 542 y 543 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Carreteras y Puentes (PG3), en tanto se aprobaba la Orden Ministerial correspondiente. En la orden circular se acompañaba una nota técnica sobre el uso del polvo de caucho procedente de NFU en las mezclas bituminosas.

Por otra parte, el Real Decreto 1619 / 2005 de 30 de diciembre sobre gestión de neumáticos fuera de uso, tiene por objeto prevenir la generación de NFU, establece el régimen jurídico de su producción y gestión, con objeto de fomentar su reducción, reciclado y otras formas de valorización, con la finalidad de proteger el medio ambiente, aplicando el principio de responsabilidad del residuo al productor de los neumáticos.

Y por último el Plan Nacional Integrado de Residuos (2007 – 2015) Anexo 4, II Plan de Neumáticos Fuera de Uso (2007 – 2015 II PNNFU), establece como objetivos ecológicos el reciclado material del 50 % en peso de los NFU generados (280.000 TN / año aproximadamente), correspondiendo el 40% de la cantidad total de NFU generados a su utilización como materiales constituyentes de mezclas bituminosas para carreteras.

La idea de incorporar caucho de NFU en las mezclas bituminosas para mejorar las características de estas no es nueva y las primeras experiencias se remontan a mediados del siglo pasado cuando se comenzó a evaluar las posibilidades del caucho de NFU como agente modificador de los betunes.

El hecho de que el volumen de neumáticos generados haya aumentado de manera exponencial en los últimos años, la prohibición de su vertido y la necesidad de reciclar aprovechando sus componentes antes que proceder a su valorización energética ha sido el punto de partida que ha motivado la realización de numerosos estudios e investigaciones en profundidad para buscar una salida provechosa del residuo en el mercado de la carretera, mercado esté lo suficientemente grande y sostenible que permite el reciclado de un gran volumen de los NFU generados.

Fruto de los estudios realizados y las experiencias adquiridas dentro del panorama Nacional en el año 2007 el Ministerio de Medio Ambiente conjuntamente con el Ministerio de Fomento y el CEDEX editaron el “Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas”, manual que se elaboró con la colaboración expertos de diversas empresas, universidades y administraciones públicas. Este Manual es una valiosa herramienta que la Administración pone a disposición de los Organismos y Entidades oficiales y empresas de construcción y de ingeniería, para facilitar la utilización práctica del caucho de NFU en carreteras.

La Dirección General de Carreteras además, establece las condiciones para la utilización del caucho de NFU en las obras de pavimentación de la Red de Carreteras del Estado en su Orden Circular 21 / 2007 y Orden Circular 21 bis / 2009.

La Orden Circular 24 / 08 modifica las prescripciones técnicas generales sobre mezclas bituminosas en caliente para adaptarse a las normas europeas armonizadas desarrolladas en la serie de normas UNE – EN 1308 e incluye los nuevos betunes con adición de polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso, definidos en la Orden Circular 21 / 07 .

En la Orden Circular 21 / 07 sobre la tecnología de incorporación del caucho de NFU en los betunes o en las mezclas bituminosas se incluyen las siguientes definiciones a tener en cuenta:

Polvo de caucho de NFU

El polvo de caucho procedente de NFU para su aplicación en obras de pavimentación es el que resulta de triturar neumáticos fuera de uso hasta tamaños inferiores a 1 mm y cuyo contenido en partículas inferiores a 0.063 es inferior al 15 %, estará compuesto por caucho natural y sintético y no contendrá materiales ferromagnéticos, textiles o contaminantes en proporciones superiores al 0,01%, 0,5% y 0,25 % respectivamente.

Vía Húmeda

Procedimiento que consiste en la mezcla a alta temperatura, de polvo de caucho procedente de NFU con un betún de penetración para obtener un ligante modificado o mejorado con caucho.

Vía seca

Procedimiento que consiste en la incorporación del polvo de caucho procedente de NFU directamente en la amasadora de la central de fabricación de la mezcla bituminosa, como si de un árido mineral se tratara.

Betún modificado con caucho fabricado en central (vía húmeda)

Es un ligante obtenido mediante la mezcla con polvo de caucho procedente de NFU en una central de alta cizalla, de las habitualmente empleadas para la fabricación del betún modificado con polímeros. Presenta una estabilidad suficiente para fabricarse en una planta situada lejos del lugar de empleo y se incorpora a la amasadora como si se tratara de un betún modificado de los actualmente normalizados.

MATERIALES BÁSICOS.

CAUCHO DE NFU.

El caucho de NFU es un material constituido por partículas finas de caucho vulcanizado procedentes de la trituración de neumáticos fuera de uso (NFU) donde se han separado los metales (cables de acero), los tejidos (fibras textiles) y otras impurezas extrañas al neumático.

A efectos de su aplicación como agente modificador de la reología de los materiales bituminosos el caucho de NFU se caracteriza atendiendo a su origen, a su método de obtención, a su composición química, a sus características físicas y al contenido de sus impurezas.

ORIGEN DEL CAUCHO DE NFU

En general son neumáticos de moto, turismo, todo-terreno, camioneta y camión que se han convertido en residuo una vez retirados del vehículo de manera permanente y no cumplir con las normas vigentes de seguridad.

El caucho de NFU puede tener también su origen en las bandas de rodadura y en las raspaduras procedentes del acondicionamiento de carcasas de neumáticos usados que se utilizan para su recauchutado.

El caucho de los neumáticos está compuesto entre otros componentes por caucho natural y cauchos sintéticos, los neumáticos de camión contienen en su composición más caucho natural que el resto de los neumáticos.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAUCHO DE NFU

La composición química del caucho de NFU para su aplicación como agente modificador de la reología de los materiales bituminosos deberá tener la siguiente composición química:

	Mínimo %	Máximo %	Método de ensayo
Extracto cetónico	8	22	UNE 53 561
Hidrocarburo caucho	40	55	ISO-9924
Caucho natural	21	42	ISO-5945
Negro de carbono	26	38	UNE 53 570
Cenizas	3	10	UNE 53 543
Azufre	-	5	ISO 6528-1 a 3

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

La densidad relativa de las partículas de caucho de NFU, según la Norma 53526, debe estar comprendida en el intervalo de 1,15 y 1,20.

La densidad aparente de las partículas de caucho se determinará mediante la masa contenida en un recipiente cilíndrico con un volumen exacto de 1000 cm³ y deberá estar comprendida entre 0,50 y 0,55 gr. / cm³.

El contenido en agua se realizará de acuerdo con la Norma UNE 103 300 – 3, excepto en lo relativo a la temperatura de calentamiento en la estufa, que será de 105 ° C.

Entre el cliente y el proveedor se determinará de mutuo acuerdo el contenido en agua máximo, entendiendo que un contenido de agua superior al 1% puede provocar espuma en su incorporación a los materiales bituminosos en caliente dificultando la combinación con los mismos.

La granulometría se determinará de acuerdo con la especificación técnica CEN / TS 14243: 2010 (E), utilizando los tamices 2; 1,5; 1; 0,5; 0,25; 0,125 y 0,063 mm (serie UNE EN 933 – 1). El producto se identificará por su tamaño máximo nominal que será el del tamaño de la apertura del tamiz por el que pasa al menos la masa del 95% del material ensayado.

La distribución granulométrica del caucho de NFU estará comprendida entre un tamaño máximo nominal de 2,0 mm y un tamaño mínimo de 0,063 mm.

El huso granulométrico dentro del cual deberán estar distribuidas las partículas y el polvo de NFU se determinará de mutuo acuerdo entre el cliente y el proveedor pudiéndose utilizar como referencia los usos especificados en “El Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas”.

IMPUREZAS

Se consideran como impurezas del caucho de NFU al contenido en materiales ferromagnéticos, al contenido en materiales textiles y al contenido de cualquier otro tipo de materias extrañas al propio neumático como arena, madera, vidrio, etc.

La determinación del contenido de los materiales ferromagnéticos, materiales textiles y de otras impurezas se realizará de acuerdo con la especificación técnica CEN / TS 14243: 2010 (E).

El contenido de materiales ferromagnéticos no sobrepasará el 0,01 % en peso del caucho de NFU.

El contenido en materiales textiles no excederá el 0,5 % en peso del caucho de NFU.

El contenido de cualquier otro tipo de impurezas, como arena, madera, vidrio etc. No sobrepasará el 0,25% en peso del caucho de NFU.

SUMINISTRO Y ALMACENAMIENTO

El caucho de NFU se transportará a la planta asfáltica o a la terminal de asfaltos en cisternas o en sacas (Big – bags) acondicionadas de tal forma que eviten la entrada de agua. Si el caucho de NFU se va a añadir directamente al mezclador, en bolsas, éstas deberán ser de polietileno de baja densidad, con una temperatura de fusión inferior a 115°C. Las sacas deberán almacenarse en una zona seca, protegida de la lluvia y del sol.

El fabricante o suministrador deberá disponer de una ficha de producto que constará al menos de los datos siguientes:

- Nombre comercial del producto
- Descripción del producto indicando su origen.
- Procedimiento de trituración.
- Tamaño máximo nominal.
- Huso granulométrico
- Composición química
- Contenido de humedad
- Contenido en materiales ferromagnéticos
- Contenido en materiales textiles
- Contenido de otro tipo de impurezas

Forma de suministro: A granel en cisternas, sacas o bolsas de polietileno.

Al ser el origen del caucho un residuo está consecuentemente afectado por una legislación particular al respecto, el cliente deberá exigir al fabricante o suministrador el permiso de gestor autorizado para el reciclado de los NFU emitido por su Comunidad Autónoma.

Los productos obtenidos a partir de un residuo podrían tener preferencia de uso en la Comunidad Autónoma donde se fabrican frente a productos elaborados en otras Comunidades o en el Extranjero si el consumo de éstos últimos pudiera afectar a los planes autonómicos o nacionales de valorización de residuos.

CONTROL DE CALIDAD

Se establecerá de mutuo acuerdo entre el cliente y el fabricante o suministrador.

El fabricante o suministrador en cualquier caso emitirá un certificado de calidad de cada partida donde se incluyan los ensayos siguientes:

Granulometría, contenido en agua, contenido en materiales ferromagnéticos, materiales textiles y otras impurezas.

MEZCLAS BITUMINOSAS CON CAUCHO DE NFU.

La incorporación de polvo de caucho en cualquier mezcla bituminosa modifica sus propiedades reológicas y mejora sus prestaciones como material para ser utilizado en cualquier capa del firme de una superficie pavimentada (carreteras, aeropuertos, zonas de estacionamiento, etc.). Estas mejoras vienen determinadas por el efecto que el caucho produce en el betún asfáltico y que se pueden resumir en las dos grandes líneas de mejora siguientes:

- Actúa como un espesante, aumentando la viscosidad del ligante. Esto permite envolver los áridos de las mezclas con una película de betún asfáltico más gruesa sin escurrimientos o exudaciones. Este aumento de viscosidad es mayor que con los elastómeros convencionales, a igualdad de dotación.
- La presencia del polvo de caucho de NFU modifica la reología de los betunes, aumentando su elasticidad y la resiliencia a temperaturas elevadas. También disminuye la susceptibilidad térmica. La modificación de la reología es, en este caso, menor que con los elastómeros convencionales, a igualdad de dotación.

La utilización de caucho de NFU en las mezclas bituminosas mejora su comportamiento en cuanto a su resistencia a la fisuración, mejora su comportamiento a las deformaciones plásticas y a la fatiga comparada con la misma mezcla fabricada con un betún convencional. **Se puede afirmar que el firme construido con una mezcla bituminosa mejorada con polvo de caucho de NFU tiene una mayor durabilidad que si se utiliza la misma mezcla sin el polvo de caucho.**



En esta línea, la utilización de polvo de caucho, incorporado a una mezcla bituminosa por cualquiera de las dos vías posibles (vía seca y vía húmeda), es adecuada y mejorará el comportamiento de la misma y del firme que forme parte.

CONCLUSIONES

Desde el año 1996 se han realizado en España más de 250 obras con mezclas con caucho de NFU donde se han empleado con éxito todas las tecnologías de incorporación del caucho, sea la vía húmeda como la vía seca.

Se puede afirmar con rotundidad que no hay impedimentos técnicos que justifiquen la no incorporación del caucho en las Mezclas Bituminosas.

Su utilización de manera rutinaria en todas las mezclas representaría un beneficio económico para el país al poder disponer de carreteras más duraderas y seguras a un costo prácticamente similar al actual y un beneficio ecológico al eliminar un residuo en su casi su toda su totalidad de esta manera, mucho más limpia que la otra alternativa que sería la valorización energética y cumpliendo además un mandato de la CE y del nuestra propia Ley de Residuos en cuanto a la prioridad jerárquica de reciclar un residuo antes que proceder a su valorización energética.

La consecución de los objetivos marcados en el II PNNFU solo depende de la voluntad de las Administraciones Públicas gestoras de la mayoría de nuestras carreteras, una oportunidad única de utilizar una tecnología basada en la investigación, la experiencia de las numerosas obras realizadas y en servicio con excelentes resultados ya muchas de ellas con más de diez años de antigüedad.