

EL USO DE CAUCHO DE CUBIERTAS EN MEZCLAS ASFÁLTICAS

Cuattrocchio A.C., Botasso H.G., Rebollo O., Soengas Cecilia j.

Centro de Investigaciones Viales LEMaC. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. Calle 60 y 124 (1900) La Plata Buenos Aires Argentina.
e-mail: lemac@frlp.utn.edu.ar

RESUMEN

Actualmente en nuestro país los neumáticos de automóviles son desechados en forma continua, sin registrarse en general ningún sistema formal de deposición selecta o lugares especialmente destinados al efecto. En la actualidad hay pocas empresas en el país que reciclan el caucho de los neumáticos, dado el gran parque automotor con que se cuenta, y por ende la gran cantidad de neumáticos desechados, se hace imprescindible reutilizar los desechos de este material. Por esta razón se hace necesario comenzar a conocer este tipo de residuo que se está generando, para determinar la posibilidad de intervenir en la selección y contar con una valoración del volumen del mismo. En este trabajo se incluye caucho en mezclas asfálticas en frío y en caliente, proveniente de la molienda de neumáticos en deshuso. Se seleccionan distintas moliendas que se incorporan como agregado a las lechadas asfálticas. A las mezclas en caliente se le incorpora como agregado y como modificador del ligante asfáltico. En el desarrollo de selladores asfálticos como modificador. Se aplica una sistemática de ensayos que involucren parámetros, químicos, ambientales y físicos de la resistencia de los materiales y procesos para luego valorar la inclusión en sistemas como modificadores y cargas habitualmente usados en las obras viales y civiles. Se valora la factibilidad de inclusión en los cementos asfálticos, siendo estos aglomerantes los de mayor utilización en las obras viales de la región. El sistema formado al incluir al residuo será valorado claramente desde lo químico, lo físico y el medio ambiente a efectos de incluir estos parámetros en los controles de calidad de las obras civiles y viales. En esta presentación se presentan las primeras experiencias de aplicación de este residuo.

INTRODUCCION

1. LA UTILIZACIÓN DEL CAUCHO

La reutilización de neumáticos es de amplio uso y difusión en aquellos países que poseen normativas ambientales claras y eficientes.

El caucho puede ser natural o sintético. El de origen natural se elabora a partir del látex, que es una resina blanca lechosa que sale de la corteza del árbol de caucho. Este, si bien es originario de Brasil, fue llevado a Inglaterra en 1876 y de allí exportado a otras zonas bajo dominio británico, determinando que hoy las principales plantaciones – un 90 % del mercado mundial – se encuentren en el sudeste asiático, principalmente en Malasia.

En un principio las utilidades de esta materia prima eran pocas. Fue el comerciante de ferretería Charles Goodyear (1800 – 1860) quién descubrió que, mezclándolo con el azufre y calentándolo, se evitaba que fuese tan pegajoso cuando estaba caliente y tan rígido cuando enfriaba. A partir de este proceso llamado vulcanización se comenzó a fabricar una gama muy amplia de productos como aislamiento para cables eléctricos, mangueras, cintas transportadoras y de manera destacada

cubiertas para transporte de automóviles, camiones, aviones, etc. Hacia fines de siglo XIX Michelin en Francia, Dunlop en Inglaterra y Goodrich en Estados Unidos fabricaron las primeras cubiertas para automóviles.

Adecuadas reglamentaciones limitan el uso de los neumáticos, debido al deterioro que se produce en el dibujo del mismo, estando su vida útil relacionada con la calidad del neumático en general, el tipo de caucho y el uso y tratamiento que el mismo reciba.

Según el Manual de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, editado por CEMPRE – Uruguay, “el proceso de regeneración de la cubierta implica la separación de la goma vulcanizada de los demás componentes y su digestión con vapor y productos químicos, como álcalis, mercaptanos o aceites minerales. El producto de esta digestión es refinado en molinos hasta la obtención de un manto uniforme, o extrusado, para obtener un material granulado (...) la goma regenerada se usa en compuestos destinados a productos con menor exigencia en cuanto a desempeño, tales como alfombras, protectores, suelas de calzado, neumáticos industriales y para bicicletas”.

Se puede enumerar su uso en otros fines, como por ejemplo vallas de seguridad, cercos de contención de arena en las playas, paragolpe de embarcaciones, hamacas, juegos, etc. En particular queremos destacar que en Estados Unidos se ha comenzado a exigir en las licitaciones públicas que las empresas constructoras utilicen un porcentaje de 5 % de neumáticos trozados o en polvo en las obras a construir.

De acuerdo a la molienda se originan distintos tamaños de partículas de caucho. Actualmente en Alemania, donde las cubiertas también se queman o terminan en los vertederos, los científicos de la Universidad de Chemnitz han descubierto un procedimiento por el cual después de moler la goma se las funde con plástico propileno, que permite fabricar un material resistente a la tracción, extensible y fácil de trabajar, con el que se pueden producir por ejemplo paragolpes de vehículos.

Según el citado manual del CEMPRE en Estados Unidos, Japón y Alemania se están ensayando diversos procesos de pirólisis con el objetivo de transformar los hidrocarburos presentes en los neumáticos en nuevos materiales como aceite y negro humo, enmarcado dentro de la reobtención de materia prima pura.

2. LOS NEUMÁTICOS

Los neumáticos se pueden clasificar en radiales y diagonales según la estructura de la carcasa. Los mismos centran un gran porcentaje de la industria del caucho constituyendo el 60 % de la producción anual del mismo.

Los elastómeros o cauchos son materiales poliméricos cuyas dimensiones pueden variar según sea el tipo de esfuerzo al que son sometidos, volviendo a su forma cuando el esfuerzo se retira.

El caucho natural se extrae a partir del árbol Hevea Brasiliensis que es un látex con partículas de caucho en suspensión. Después de un proceso de secado y de ahumado se utilizan diferentes productos. Hoy en día alcanza el 30 % del mercado de los cauchos, el resto lo ocupan los cauchos sintéticos.

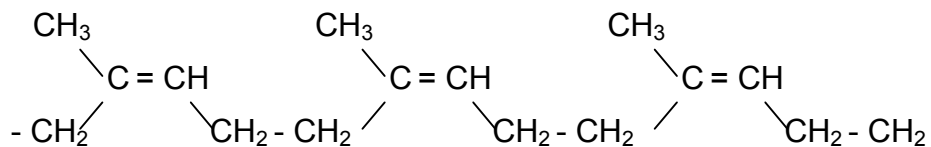
Los tipos de caucho más empleados en la fabricación de los neumáticos son:

- Cauchos naturales (NR)
- Estireno – Butadieno (SBR)
- Polibutadienos (BR)
- Polisoprenos (IR)

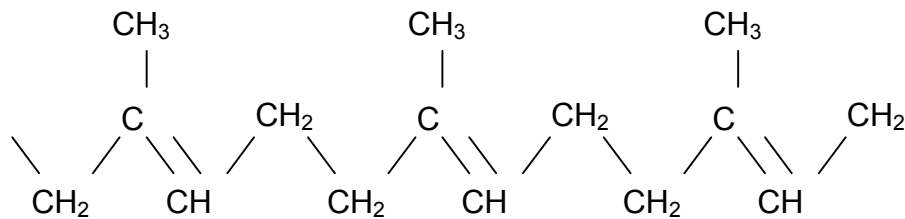
La combinación se realiza de modo que los cauchos naturales proporcionen elasticidad y los sintéticos estabilidad térmica. Esta combinación de efectos favorece la durabilidad y la capacidad de adaptarse a las nuevas exigencias del tránsito.

La estructura de los cauchos naturales esta formada por cis-1,4 polisopreno mezclado con pequeñas cantidades de proteínas, lípidos y sales inorgánicas, entre otros. Se encuentra así un polímero de cadena larga y enredada en forma de espiral, de peso molecular medio, 5×10^5 g/mol, que a temperatura ambiente está en un estado de agitación continua. Este comportamiento general es debido en parte al impedimento estérico del grupo metilo y el átomo de hidrógeno, en el mismo lado del doble enlace carbono-carbono.

Esta cadena se complementa con otro isómero estructural llamado gutapercha.



Segmento de una cadena de polímeros de caucho natural



Segmento de cadena polimérica de la gutapercha

Figura 1

El proceso de vulcanización a que se someten los neumáticos es un entrelazamiento de cadenas de polímeros con moléculas de azufre a alta presión y temperatura.

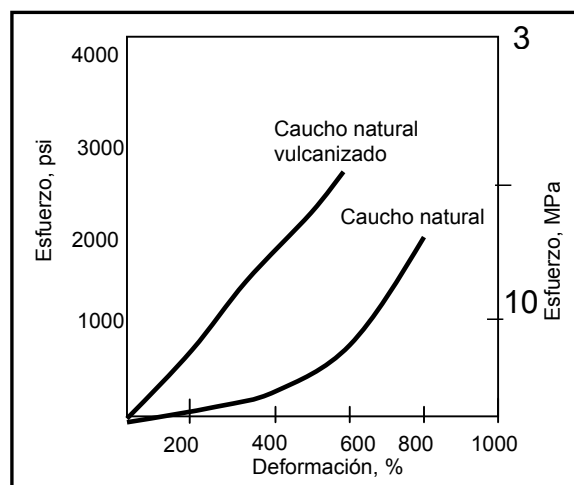


Figura 2

En el proceso de vulcanización el caucho pasa de ser un material termoplástico a ser uno elastomérico. Las posibilidades de deformación son muy diferentes, como se ilustra en la Figura 2.

La adición de cargas hace abaratar el valor del neumático, dándole cuerpo y rigidez, se utilizan negro de humo y arcillas modificadas.

En gorma general el neumático esta compuesto por diversos componentes, Tabla 1.

Componentes	Tipo vehículo		Función
	Automóviles % en peso	Camiones % en peso	
Cauchos	48	45	Estructural – deformación
Negro humo	22	22	Mejora oxidación
Óxido de zinc	1,2	2,1	Catalizador
Materia textil	5	0	Esqueleto estructural
Acero	15	25	Esqueleto estructural
Azufre	1	1	Vulcanización
Otros	12		Juventud

Tabla 1

En la Figura 3 se puede observar la constitución esquemática de un neumático. Se evidencia la heterogeneidad de la materia prima constitutiva del polvo o molienda de caucho, a pesar de que antes de las primeras moliendas se retiren parte de los componentes.

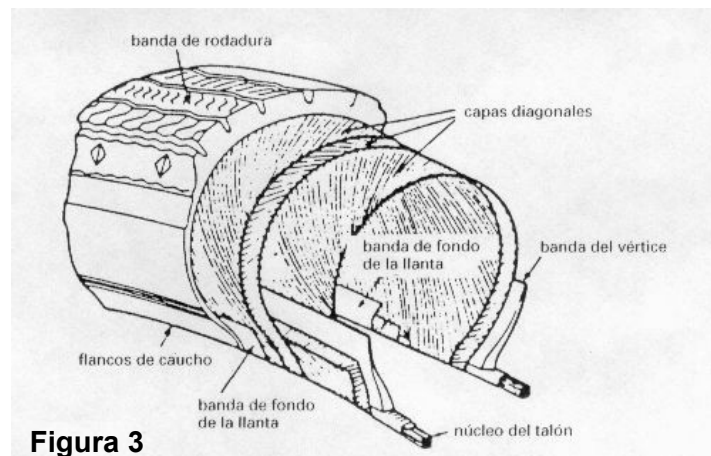


Figura 3

En la Tabla 2 podemos observar la relación de algunas de las principales propiedades entre el caucho natural vulcanizado y otros elastómeros sintéticos. Se observa el bajo valor tensional y la alta elongación que poseen.

Elastómero	Resist. A la tracc. PSI	Elongación %	Densidad g/cm ³
------------	-------------------------	--------------	----------------------------

Caucho natural vulcanizado	2,5-3,5	750-850	0,93
SBR	0,2-3,5	400-600	0,94
Neopreno	3-4	800-900	1,25
Silicona	0,6-1,3	100-500	1,1-1,6

Tabla 2

Entre los cauchos sintéticos utilizados se encuentran los tipo estireno butadieno, siendo el más ampliamente utilizado el SBR. Después de la polimerización este material contiene entre el 20 al 23 % de estireno. En la Figura 4 se observa la conformación de la cadena.

La presencia del butadieno permite el entrecruzamiento con el azufre, siendo capaz

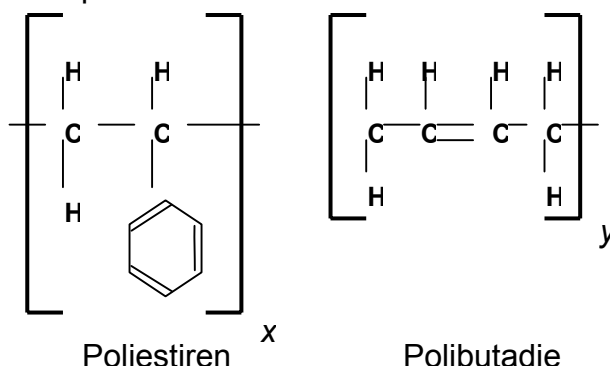


Figura 4

de producir el isómero cis que tiene una mayor elasticidad que la del caucho natural. El estireno permite tener un caucho más duro y más tenaz, haciendo que no cristalice bajo grandes esfuerzos.

El SBR es más económico que el caucho natural, por lo que ha sido más difundido y utilizado desde hace tiempo en neumáticos, pero previamente tienen que ser tratados, pues elevan fácilmente su temperatura y absorben con facilidad aceites y naftas derramadas. Su performance es amplia y se encuentra ubicada entre los -50 a 82 °C.

3. DESVULCANIZACIÓN

El proceso de vulcanizado deja la distribución de las cadenas poliméricas como se observa en la Figura 5.

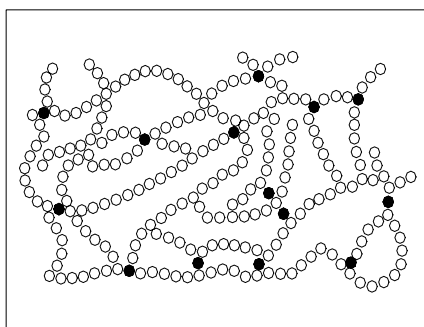


Figura 5 (cadena vulcanizada)

El desvulcanizar es un proceso costoso y pocas veces aplicable en la utilización de los neumáticos para la adición a asfaltos. El proceso consiste en la rotura de los enlaces S-S del polvo de caucho mediante técnicas térmicas y químicas.

4. NIVELES DE MOLIENDA

Los niveles de molienda del caucho se pueden clasificar en:

4.1. Nivel de trituración previa

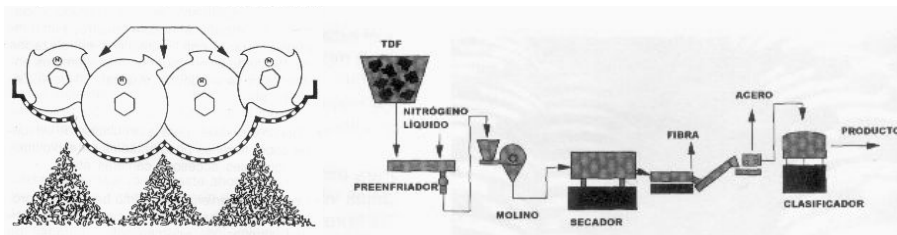
Se realiza un triturado previo con trituradoras de 2 o más ejes, con cuchillas que giran entre 15 y 20 RPM. El tamaño de producción puede no ser estable, pero eso no tiene gran importancia en esta etapa por que se considera de trituración macro.

4.2. Nivel de trituración final

Existen dos métodos en los que se requiere que previamente haya sido retirado el componente metálico. Los métodos se enuncian a continuación.

4.2.1. A temperatura ambiente: con molinos clásicos y por cilindros se separa la parte textil.

4.2.2. Criogénesis: se realiza entre $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ dando un producto más afín y de mejor finura de hasta valores que pasan un 100 % la malla N° 100 de ASTM.



**Molienda de caucho en forma preliminar y en procesos de criogénesis
Figura 6**

5. POSIBLES USOS

Los usos principales que se pueden dar al caucho extraído de neumáticos son:

- utilización en asfaltos
- incineración
- vertederos

En el uso de la construcción existen antecedentes de utilización en:

- ✓ *mezclas bituminosas*
- ✓ *membranas SAMI*
- ✓ *membranas impermeabilizantes*
- ✓ *sustitución de áridos (parcial con moliendas de caucho vía seca)*
- ✓ *modificación directa del asfalto por vía húmeda*

En todos los casos se observan dos roles fundamentales:

- ✓ actuación como "inerte" en relleno o carga
- ✓ actuación como modificador de ligantes asfálticos

6. EXPERIENCIAS EN EL LEMAC

En el LEMaC se han realizado algunas experiencias en la utilización del caucho, de las cuales se pueden destacar dos casos:

- ✓ El **Caso A** consistió en la adición de caucho a un cemento asfáltico para mezclas en caliente.
- ✓ El **Caso B** consistió en la adición de caucho a cementos asfálticos para uso de selladores.
- ✓ El **Caso C** consiste en la adición de caucho a mezclas asfálticas en frío y en caliente.

6.1. Desarrollo del Caso A. Adición de caucho a un cemento asfáltico para mezclas en caliente

El objetivo de esta experiencia es la incorporación de caucho, proveniente de molienda por proceso de criogénesis, en un cemento asfáltico habitualmente utilizado en nuestro medio.

Las características de los materiales originales, del material resultante y de los procesos llevados a cabo son las siguientes:

<p>Descripción del proceso Proceso de molienda: criogénesis -60 °C Característica de finura: Pasa # 100 = 100 % Energía de mezclado: Dispensor 5000 rpm, sin generar envejecimiento y oxidación (situación verificada) Tiempo de mezclado: 20 minutos Temperatura de mezclado: 180 °C</p>
<p>Composición básica del caucho utilizado sobre muestra general</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caucho: 47 % a 60 % - Negro de humo: 30 % - Oxido de Zinc: 2 % - Aditivo rejuvenecedor: 8 %

Tabla 3

Caracterización del asfalto base utilizado

Ensayo	Unidad	Valor
Penetración (25, 100, 5)	0,1 mm	70
Punto de ablandamiento A y B	°C	46
Punto de inflamación	°C	236
I. Penetración (25 °C)		- 0,9
Densidad relativa (25 °C)	gr/cm ³	1,029
Ductilidad (25 °C)	cm	> 100
Recuperación elástica	%	7
<i>Estabilidad al almacenamiento</i>		
Diferencia punto de ablandamiento	°C	-----
Diferencia penetración	°C	-----

Tabla 4

Característica del asfalto aditivado con 6 % de caucho molido por criogénesis

Ensayo	Unidad	Valor
Penetración (25, 100, 5)	0,1 mm	45
Punto de ablandamiento	°C	52
Punto de inflamación	°C	238
I. Penetración (25 °C)		+ 0,6
Densidad relativa (25 °C)	gr/cm ³	1,030
Recuperación elástica	%	22
Ductilidad (5 °C)	cm	25
<i>Estabilidad al almacenamiento</i>		
Diferencia punto de ablandamiento	°C	3,6
Diferencia penetración	°C	2

Tabla 5

Este asfalto aditivado se ha utilizado en un microaglomerado discontinuo en caliente.

6.2. Desarrollo del **Caso B**. Adición de caucho a cementos asfálticos para uso de selladores asfálticos

El objeto de esta experiencia fue el aportar caucho molido proveniente de la trituración por sistema de molinos. La función de la adición de caucho, en este caso, es la de bajar el aporte de otros polímeros vírgenes, ya que por sí solo el caucho no nos permite alcanzar los valores exigidos por la Norma IRAM de selladores. Además, el tipo de molienda utilizado permite la colaboración del caucho como carga en la mezcla aditivada.

<p>Descripción del proceso Proceso de molienda: por molino Característica de finura: tamaño máximo de partícula 5 mm x 3 mm Energía de mezclado: Dispensor 5000 rpm, sin generar envejecimiento y oxidación (situación verificada) Tiempo de mezclado: 40 minutos Temperatura de mezclado: 180 °C</p>
<p>Composición básica del caucho utilizado sobre muestra general</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caucho: 47 % a 60 % - Negro de humo: 30 % - Oxido de Zinc: 2 % - Aditivo rejuvenecedor: 8 %
<p>Características básicas del polímero SBS utilizado Densidad: 0,95 g/cm³ Dureza Shore: 77</p>

Tabla 6

Caracterización del asfalto base utilizado

Ensayo	Unidad	Valor
Penetración (25, 100, 5)	0,1 mm	78
Punto de ablandamiento A y B	°C	45
Punto de inflamación	°C	236
I. Penetración (25 °C)		- 1,1
Densidad relativa (25 °C)	gr/cm ³	1,030
Ductilidad (25 °C)	cm	> 100
Recuperación elástica	%	8
<i>Estabilidad al almacenamiento</i>		
Diferencia punto de ablandamiento	°C	-----
Diferencia penetración	°C	-----

Tabla 7

La cantidad de caucho reciclado fue de un 30 % con respecto al 12 % total aditivado. Se observó este porcentaje como el máximo admitido para el sistema del ejemplo, por encontrarse en el límite de digestión del asfalto cumpliendo con Norma IRAM. El total de la adición estuvo compuesto por 30 % de caucho reciclado, 65 % de polímero SBS y 5 % de rejuvenecedor.

Las exigencias de la Norma IRAM para un sellador SA-50 y los valores obtenidos son:

Ensayo	Exigencia	Obtenido
Penetración (25, 150, 5)	entre 35 y 50 (0,1 mm)	40
Punto de ablandamiento A y B	mín. 105 °C	109
Punto de inflamación	mín. 230 °C	236
Densidad relativa (25 °C)	gr/cm ³	1,030
Recuperación elástica	mín. 90 %	95
Ensayo de adherencia a -7 °C	cumplirá	Cumplió los 5 ciclos
Resiliencia	mín. 50 %	63

Tabla 8



Figura 7 : Microfotografía con estereomicroscopio y analizador de imágenes de la adición

6.3 Producción en planta

La adición de caucho puede realizarse tanto en laboratorio como en planta. Según sea el tipo de molienda y la función que cumplen serán los dispositivos a implementarse.

6.3.1 Equipo dispersor para fabricación de concentrado de caucho o equipo dispersor en la producción continua

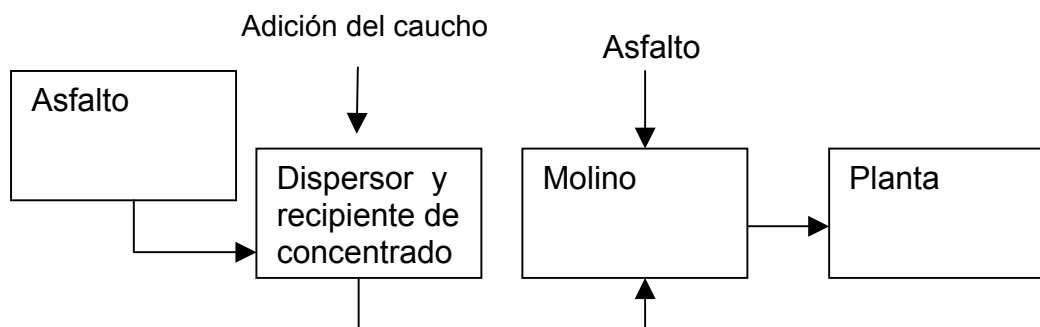


Figura 8

En este esquema se plantea la adición de caucho en el asfalto en un concentrado intermedio para luego regular la producción. El sistema produce una buena dispersión sin dejar asfalto aditivado almacenado.

6.3.2 Equipo dispersor y digestor en recipiente de producción.

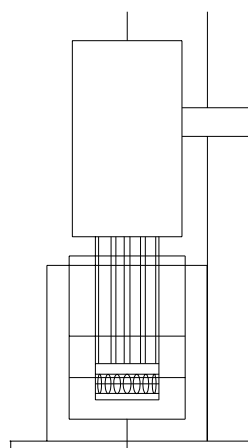


Figura 9

El sistema plantea la aditivación directa en el sistema total de producción. La misma se recomienda para fuertes adiciones puntuales como el caso de los selladores.

6.4 Desarrollo del Caso C. Adición de caucho Mezclas asfálticas en frío y en caliente

En este punto volcamos las experiencias preliminares obtenidas al momento por lo que solo se presenta una parte de la experiencia en laboratorio con lechadas asfálticas, estando los demás ítems de este punto en etapa de investigación.

La renovación superficial en las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo, marcan el camino, técnico económico a la hora de analizar los costos beneficios, poniendo en la balanza los materiales utilizados y la seguridad del camino, garantizando características de funcionalidad para el usuario.

La utilización de lechadas, muchas veces pasa de un simple sellado a una renovación con características antideslizantes a partir de una alta macrotextura y de una microtextura.

El poco espesor de las mismas (capas delgadas) las hace rígidas, se busca en el presente trabajo aumentar su flexibilidad a través de la incorporación caucho molido a la vez tratar de utilizar este producto proveniente de la molienda de cubiertas de automóviles. Valorando el comportamiento de las lechadas elasto-asfálticas versus las convencionales, mediante la utilización de los ensayos de uso tradicional en lechadas asfálticas, abrasión y rueda cargada.

Se analizarán el tipo de caucho a utilizar y la forma de incorporación ya que, se debe garantizar que las mismas queden perfectamente distribuidas en toda la mezcla una vez colocada formando una malla tridimensional.

Se define a las lechadas bituminosas como mezclas de emulsiones asfálticas, áridos finos bien graduados granulométricamente, agua y fillers minerales. Cuando estos componentes se mezclan en proporciones adecuadas se obtiene una mezcla fluida, homogénea y cremosa que, después de la evaporación del agua, constituyen un mortero en frío, estanco y denso.

Los áridos finos conforman el esqueleto mineral, que da el espesor al tratamiento y el mastic, compuesto por fillers y el betún, confiere la cohesión necesaria.

Las lechadas bituminosas se extienden en delgados espesores (entre 4 y 12 mm) a fin de impermeabilizar la carpeta de rodamiento (sin otorgar aporte estructural) y simultáneamente restaurar la superficie de desgaste brindando la textura superficial necesaria para adecuar la resistencia al deslizamiento y mejorar las condiciones de reflectancia del pavimento.

TAMICES IRAM 1501-2	CANTIDAD QUE PASA POR LOS TAMICES, en g/100g			
	TIPO1	TIPO2	TIPO3	TIPO4
1/2	100	100	100	100
3/8	100	100	100	85-95
1/4	100	100	80-95	70-90
4	100	85-95	70-90	60-85
8	90-100	65-95	45-70	40-60
16	65-90	45-70	28-50	28-45
30	40-60	30-50	19-34	18-33
50	25-42	18-30	12-25	11-25
100	15-30	10-20	7-18	6-15
200	10-20	5-15	5-15	4-8

Tabla 9

La norma IRAM 6833 Asfalto para uso vial-lechadas asfálticas marca 4 usos granulométricos

Tipo 1: Se aplica para sellar fisuras rellenar huecos pequeños y para corregir peladuras superficiales. Este tipo se usa sobre pistas de aeropuertos donde el



Figura 10

sellado de la superficie y la resistencia al deslizamiento son las necesidades principales.

Tipo 2: Se aplica para rellenar huecos superficiales, corregir condiciones de erosión severa de la superficie y para suministrar una nueva superficie de desgaste. Este tipo se usa sobre pistas de aeropuertos y pavimentos que están severamente erosionados. También se puede usar como capa de rodamiento sobre bases bituminosas o bases de suelo cemento, como un sellador sobre bases estabilizadas o sobre tratamiento bituminosos superficial.

Tipo 3: Es aplicable para preveer una nueva capa de rodamiento sobre superficies muy desgastadas.

Tipo 4: El tipo 4 es aplicable sobre base estabilizada.

6.4.1 Características de los componentes que integran las lechadas:

Agregados:

Los agregados cumplen la función de conformar el esqueleto mineral de la lechada.

Los agregados podrán ser de distintos orígenes:

- Trituración de roca masiva
- Grava natural triturada
- Grava natural sin triturar

Emulsiones:

Una adecuada emulsión debe proveer un perfecto recubrimiento de los agregados sin que esto provoque una rotura prematura de la emulsión en el mezclador o en la rastra de distribución, pero luego se debe contemplar que, una vez aplicada la lechada sobre la calzada, la emulsión rompa lo antes posible y la mezcla adquiera rápidamente una mínima cohesión a fin de poder ser librada al tránsito en el más breve plazo.

Agua de mezclado:

El agua constituye el vehículo de mezclado de la lechada y el factor principal que determina la consistencia de esta. El agua procede de la humedad de los áridos, de la emulsión y de la intencionalmente incorporada para el mezclado. En general toda agua potable es apta para el uso en lechadas. Si bien no se establecen límites para el contenido de agua, la misma debe utilizarse en cantidades mínimas compatibles con el mezclado y la colocación de la mezcla.

Caucho

El caucho recuperado de la molienda de neumático en este caso se incorporara sustituyendo una parte de agregado y en la mayor cantidad posible. Las lechadas que se estudiarán serán las tipo III y tipo IV por ser las que se aplican en mayor dotación (11 a 14 kg/m²) por lo tanto la cantidad de caucho en peso a utilizar será mayor.

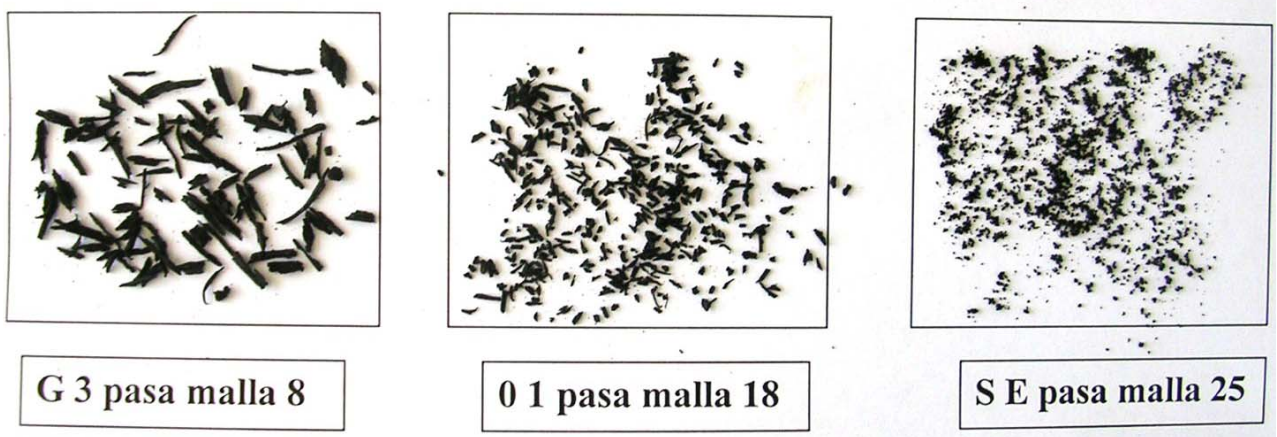


Figura 11

Las granulometrías a utilizar de caucho en las lechadas tipo IV serán las de tipo G3, SE y 01 y en las lechadas tipo III la SE y 01 por ser mas fina su molienda(ver figura). Estos tipos de caucho son resultantes del recupero, selección y molienda por medio de molinos de trituración del raspado de cubiertas de transporte pesado con el fin de prepararlas para el recapado. Como este trabajo esta en ejecución solo se presentan los resultados obtenidos hasta el momento y las conclusiones parciales.

6.4.2 Desarrollo de la experiencia:

Uno de los ensayos mas utilizados para valorar la cantidad de asfalto mínima a utilizar en una lechada asfáltica es el **Ensayo de abrasión en pista mojada** (WTAT: Wet Track Abrasion Test) en el que se valora la perdida de material por abrasión. Consiste en una manguera de neoprene que con una determinada presión que se aplica sobre la superficie de la probeta con un movimiento de rotación y de traslación en un tiempo determinado, estando aquella cubierta de agua. Este tipo de ensayo se usa tanto para el diseño como para el control en obra.

6.4.3 Realización del ensayo:

Se prepara la muestra en laboratorio o se toma una muestra de obra, con la relación apropiada de sus componentes.

Se pesan los componentes de la lechada en el recipiente. Se adiciona la cantidad predeterminada de agua y se mezcla. Finalmente se adiciona la cantidad de emulsión predeterminada y se mezcla.

Se moldearan tres probetas por porcentaje de caucho. A continuación la probeta se cura en estufa de desecación a $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.

Luego del curado se saca de estufa y se deja enfriar a temperatura ambiente, se pesa y se anota este valor. Se introduce el conjunto en un baño de agua a $25 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora. Cumplido este tiempo se sumerge en baño de agua para el ensayo, se sujeta al conjunto a la base de la maquina de abrasión, Se sujeta en el cabezal de abrasión el trozo de manguera, apoyándola suavemente sobre la superficie de la probeta.

Seguidamente se pone en marcha la maquina durante un tiempo de 5 minutos.

Terminado el ensayo se retira el conjunto, se lava se introduce en estufa a $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$. hasta peso constante, se enfría al aire y se pesa anotándose este valor, luego por diferencia de pesos entre antes y después del ensayo se calcula la perdida de masa en gramos producida durante el ensayo. El valor obtenido se multiplica por el factor de conversión (según maquina) para obtener la perdida de masa de la probeta en gr/m^2 .

Requisitos de la manguera:

Manguera de caucho reforzado, con un diámetro interior de 19 mm y un diámetro exterior de 31 mm (doble trenzado, 2068,2 kPa, cobertura resistente al aceite mineral). La manguera se cortará en trozos de longitud de 127 mm. (Pirelli multipress-25/A (para aire)).

Para que un resultado sea comparativo con otro y teniendo en cuenta la dispersión de los mismos, se deben acotar el menor numero de variables posibles. Por lo tanto se buscó una curva granulométrica que este comprendida dentro de los límites



impuestos por las normas y pesando individualmente los retenidos en cada tamiz se conforme la misma. Obteniéndose así probetas con igual granulometría y además la misma cantidad de agua, cal y emulsión.

Otro factor que incide en el ensayo es la confección de la probeta por lo que para minimizar ésto siempre las realizará el mismo operador .

La emulsión superestable que se utilizará en todo este trabajo fue realizada en este Centro de Investigaciones, tiene las siguientes características :

ANÁLISIS DE LA EMULSIÓN	
Residuo (%P)	61,4
Visc. SSF/25°C	21,7
Ensayo del Tamiz (%P)	0,00053
Penetración residuo (25°C, 100g, 5 seg) (0.1mm)	53
Punto de ablandamiento (°C)	49,7
Dutalidad a 25°C, 5cm/minuto (cm)	Sup a 150

TABLA 10

La curva granulométrica a utilizar y la formula de la lechada tipo III es la que se detalla en la tabla adjunta:

Curva III		Formula	
TAMIZ	% PASA	Agregados	772
3/8	100	Cal 1%	8
1/4	87	Agua 8%	64
4	80	Emulsión 11%	88
8	60		
16	39		
30	27		
50	18		
100	13		
200	10		

TABLA 11

Con esta curva y esta dotación de emulsión se realizó la lechada patrón, los resultados del ensayo WTAT son los siguientes:

Probetas	Perdida en gr/m ²
P1	202
P2	350
P3	300
Valor Medio gr/m²	284

TABLA 12

Como se comento anteriormente se dosificaron probetas con porcentajes en peso crecientes de caucho con diferentes grado de trituración, en particular para la curva tipo III se dosifico con los porcentajes que se detallan en siguiente tabla :

Porcentaje de caucho	Tipo de malla	
8	SE	-
5	SE	01
3	SE	01

TABLA 13

Los valores obtenidos en los ensayos de WTAT con el caucho molienda 01 y con los porcentajes detallados en la tabla anterior son los siguientes:

Caucho molienda 01	
Probetas Porcentaje agregado 3 %	Perdida en gr/m ²
P4	860
P5	800
P6	700
Valor Medio gr/m²	786

TABLA 14

Caucho molienda 01	
Probetas Porcentaje agregado 5 %	Perdida en gr/m ²
P7	1500
P8	1350
P9	1300
Valor Medio gr/m²	1383

TABLA 15

Los valores obtenidos en los ensayos de WTAT con el caucho molienda SE y con los porcentajes detallados en la tabla anterior son los siguientes:

Caucho molienda SE	
Probetas Porcentaje agregado 3 %	Perdida en gr/m ²
P10	400
P11	450
P12	380
Valor Medio gr/m²	410

TABLA 16

Caucho molienda SE	
Probetas Porcentaje agregado 5 %	Perdida en gr/m ²
P13	500
P14	550
P15	480
Valor Medio gr/m²	510

TABLA 17

Caucho molienda SE	
Probetas Porcentaje agregado 8 %	Perdida en gr/m ²
P16	600
P17	650
P18	700
Valor Medio gr/m²	650

TABLA 18

7. CONCLUSIONES

De la investigación realizada y las experiencias de transferencias se puede decir que:

- Es posible utilizar en nuestro país cauchos provenientes de neumáticos, los mismos son obtenidos por dos procesos básicos de criogénesis y de molinos.
- Su uso es posible en asfaltos ha ser utilizados en mezclas discontinuas en caliente, dado que se ha obtenido un asfalto con baja susceptibilidad térmica y propiedades viscoelásticas acordes a las exigibles para este tipo de mezclas.
- Para fuertes adiciones, según los materiales utilizados en la experiencia, se pueden obtener mezclas que cumplen las exigencias de los selladores asfálticos, aún con trituración por molino como proceso de obtención del caucho reciclado.
- Los procesos desarrollados en laboratorio son fácilmente adaptables a plantas asfálticas o cualquier tipo de planta de producción de productos asfálticos.
- Es posible usar en lechadas asfálticas caucho proveniente del raspado de cubiertas realizando la molienda con molinos de trituración. Se puede utilizar como sustitución de agregado teniendo en cuenta que la máxima pérdida por abrasión en pista mojada (WTAT) es de 800 gr/m² según lo especificado en el "Pliego de Especificaciones Técnicas de Vialidad Nacional". Además se tendrá que ser cuidadoso y estudiar muy bien los porcentajes a agregar y el tipo de molienda a usar porque como se desprende del trabajo cuanto mas grande es el tamaño de la fibra y a mayor porcentaje incorporado mayor es el desgaste que sufren las probetas. También se debe tener en cuenta que los resultados que se obtienen al incorporar caucho deberían ser superiores a los obtenidos sin el. Al momento se esta trabajando con distintas moliendas de caucho a efectos de analizar si la adición y el proceso de colocación modificada pueden incluir mejoras en el comportamiento de las lechadas.
- De acuerdo a lo expuesto se pueden lograr los enunciados de cualquier política de reciclado, tales como reducción de un residuo, menor costo de tratamiento y beneficio sobre el producto logrado en cuanto a su mejora técnica.
- En nuestro país se está en condiciones de procurar la obligación de uso de caucho reciclado en productos afines a la construcción.

8. BIBLIOGRAFIA

- ✓ Colin. F. Et al Recent developments in sewage sludge processing. Elsevier. Amsterdam 1983.
- ✓ DAVOS International Forum and Exposition. RECYCLE 93 ed. Maack Business Service Ch-8804 Au/ZH.
- ✓ Curso de Posgrado. Reciclaje de residuos en la construcción. Cátedra de Materiales. Escuela de Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona UPC.
- ✓ Reciclaje de Residuos industriales. Xavier Elias Castells. Ed. Diaz de Santos 2000.
- ✓ Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales. William Smith. 2000.
- ✓ Asfaltos modificados fijación de un residuo contaminante. Botasso, González y otros. UTN La Plata. LEMaC. pag 85. Trigésima primera Reunión del asfalto. Tomo I
- ✓ Reutilización de neumáticos en obras viales Ramón Tomaz Raz. Revista Carreteras N° 118 pag 26.

Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP)
PROCQMA - Universidad Tecnológica Nacional, 2006. (11 y 12 de Abril, San Rafael, Mendoza)
ISBN 950-42-0056-7

- ✓ Lechadas y microaglomerados asfálticos, A. Bardesi, Composan Distribución S.A, p 1-36
- ✓ Diseño, construcción y aplicaciones de micro-mezclas asfálticas en frío para mantenimiento preventivo y correctivo de pavimentos. P.Bolzan, Mouthrop, Vigésima novena reunión del asfalto, Mar del Plata, Argentina 1996,p153-174
- ✓ Repavimentación con microaglomerados asfálticos en frío, H.R. Sierra Vigésima novena Reunión del asfalto, Mar del Plata, Argentina 1996, p203-211.
- ✓ Emulsiones asfálticas, Asfaltos del Plata S.A., La Plata, Argentina 1996,p19-26