



**Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata**

**INCORPORACIÓN DE CAUCHO EN LECHADAS  
ASFÁLTICAS TIPO III Y IV**

**Año 2006**

Becaria: Sosa Maria Eva.

Director Tesis: Cuattrocchio Adrián

Area: Materiales Viales

LEMaC Centro de Investigaciones viales

## INCORPORACIÓN DE CAUCHO EN LECHADAS ASFÁLTICAS TIPO III Y IV

### **LEMaC**

Centro de Investigaciones Viales  
Área Materiales Viales

#### **1. RESUMEN:**

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 áspera.

El poco espesor de las mismas (capas delgadas) puede marcar una rigidez, por lo cual 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. Se valorará el comportamiento de las lechadas elasto-asfálticas versus las convencionales, mediante la utilización de los ensayos de abrasión de uso tradicional tanto para la dosificación como para el control en obra.

Se analizará el tipo de caucho a utilizar y la forma de incorporación garantizando que el mismo quede perfectamente distribuido en toda la mezcla una vez colocada formando una malla tridimensional.

## 2. INTRODUCCIÓN

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

El problema de la disposición final no encontró hasta el presente una respuesta eficaz en el mundo. A nivel internacional no existen estadísticas fiables sobre estimaciones de producción de neumáticos usados, aunque los datos que se disponen indican que ésta puede rondar los 6.000.000 Tn/año. En Estados Unidos se genera por año más de 3.5 millones de toneladas y dentro del ámbito de la Unión europea, se generan 2.480.000 toneladas anuales de neumáticos usados. Alemania, con 598.000 toneladas es el país que encabeza la lista de productores de neumáticos usados, seguido de Reino Unido con 385.000 toneladas, Francia con 380.000 toneladas, Italia con 370.000, y España.

La generación de neumáticos fuera de uso en Argentina - cálculo basado en los volúmenes de producción destinada al mercado interno y a las importaciones - supera las 100.000 toneladas anuales, de las cuales 38.000 corresponden a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires.

La existencia de adecuadas reglamentaciones limitan el uso de los neumáticos, en función al deterioro que se produce en sus dibujos, estando su vida útil relacionada con la calidad en general, el tipo de caucho, el uso y tratamiento que el mismo reciba en servicio.

Una de las formas de reciclar los neumáticos fuera de uso es triturándolos.

El caucho triturado tiene utilidades muy variadas como por ejemplo aditivos de mezclas en asfaltos para caminos y selladores, superficies de pistas deportivas, pantallas acústicas, vallas de seguridad, cercos de contención de arena en las playas, paragolpes de embarcaciones y automóviles, hamacas, juegos, etc.

En cuanto a la legislación ambiental Argentina, no hay leyes de manejo ambiental de neumáticos de desecho que intenten motivar el desarrollo ulterior de un sistema general para el manipuleo de otros residuos.

En cambio en los Estados Unidos se exige en algunos estados en las licitaciones públicas que las empresas constructoras utilicen un porcentaje de 5 % de neumáticos trozados o en polvo en las obras asfálticas nuevas.

La Directiva Europea 99/31/CEE, prohíbe, a partir del tercer año de su entrada en vigor, el vertido directo de neumáticos enteros; controlado o incontrolado. Ya que este genera; ocupación de grandes volúmenes de vertedero, suciedad, contaminación de zonas naturales, facilidad de incendio, con la consiguiente emanación de gases tóxicos, y residencia de roedores y otros animales; y a partir del sexto año, neumáticos usados.

Además, insta a los países comunitarios a desarrollar políticas y estrategias en este sentido. En España, el Plan Nacional de Residuos especiales

promoverá el reciclado, aumentando su vida útil, y valorización de este tipo de residuo.

## 2.a. 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 puede ser natural o sintético. El de origen natural se elabora a partir del látex, que es una resina blanca lechosa extraída de la corteza del árbol de caucho.

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.

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.

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 nº 1.

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

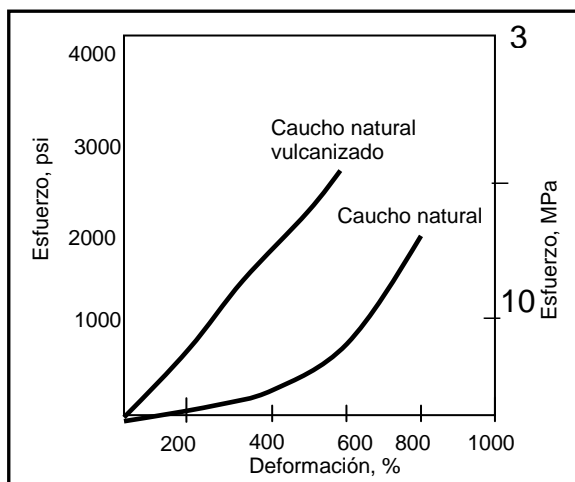


Figura nº 1

En forma general el neumático está compuesto por diversos componentes, Tabla nº 1.



**Tabla nº 1**

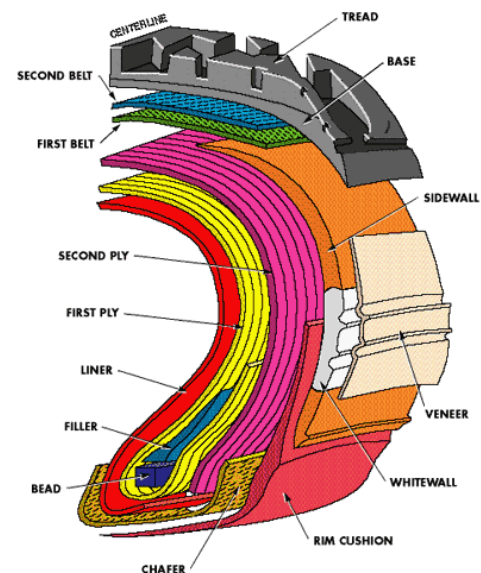
En la Figura nº 2 se puede observar la constitución esquemática de un neumático. Se evidencia aquí la heterogeneidad de la materia prima constitutiva del polvo o molienda de caucho de neumático, a pesar de que antes de las primeras moliendas se retiran parte de los componentes.

Estos materiales se reparten por el neumático de forma desigual:

El caucho predomina en la banda de rodadura y en los flancos laterales aportando flexibilidad, agarre y capacidad de desgaste.

La fracción metálica se encuentra en forma de aros estructurales en la zona de contacto con la llanta: talón, y en forma de alambres metálicos aportando consistencia y estructura, junto a las fibras textiles a la parte interior o carcasa.

La tendencia actual de los fabricantes es llegar a conseguir neumáticos más seguros, con mayor agarre, prestaciones y vida media esperada.



**Figura nº 2**

## 2.b. Formas de recuperar el caucho

Los neumáticos fuera de uso se pueden recuperar de 3 formas:

2.b.1 Recauchutaje

2.b.2 Molienda a temperatura ambiente

2.b.3 Molienda por el proceso de criogénesis

### **2.b.1. Recauchutaje:**

Una forma de reciclaje temporal del neumático, ya que tras su nuevo uso volverá a ser un residuo, es el recauchutaje. En la actualidad, en nuestro país es muy frecuente este método, sobre todo en vehículos de gran porte; camiones, autobuses, transportes pesados, palas cargadoras, etc. En vehículos menores la aceptación es menor, ya que el costo que tiene apenas amortiza la compra del neumático nuevo.

En el caso de grandes vehículos, debido al gran peso que transportan, el desgaste se produce de forma acelerada en la banda de rodadura, si se compara con el resto del neumático. Por este motivo, es posible su aprovechamiento en las técnicas de recauchutaje que consiste en sustituir la banda de rodamiento desgastada por una nueva, lo que permite que se prolongue la duración del resto de la cubierta por un período similar a la duración de una cubierta nueva y con prácticamente las mismas prestaciones.

Entre las ventajas del recauchutado se pueden citar:

- Favorece al medio ambiente, debido a que se controla la eliminación de las ruedas.
- Se evita el desperdicio inútil de 4 a 5 Kg de goma que se desecharía al producirse el desgaste de la banda de rodadura que viene a ser de 1,5 Kg de goma.
- El bajo consumo de combustible que se precisa para la producción de un neumático renovado, 5,5 litros en contraste con los 35 litros necesarios para la fabricación nueva.

En cuanto a los inconvenientes que presenta el proceso, habría que citar el referido a que las cubiertas de vehículos livianos sólo se recauchutan una vez, y que en ocasiones las de mayor tamaño (vehículos pesados) no pueden ser recauchutadas porque han sufrido daños o deterioros en otras partes de la cubierta que no son la banda de rodamiento.

Cuando no se realiza de forma correcta, el recauchutado se despega y se pierde la nueva banda de rodadura, sobre todo cuando se circula con la superficie de rodamiento asfáltica de las carreteras y autopistas a altas temperaturas.

Para poder sustituir la banda de rodamiento deteriorada se realiza un raspado, este desecho es el que se utiliza luego en los molinos de trituración fina a temperatura ambiente, se clasifica en los diferentes tamaños y se comercializa para la fabricación de suelas, planchas de goma, pisos de goma, alfombras, ruedas macizas y hasta en la fabricación de productos asfálticos e impermeabilizantes. Este producto es el que se utilizará en el presente trabajo ya que en Argentina es el que se encuentra en mayor disponibilidad.

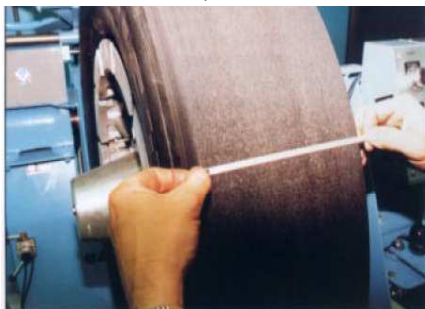
- 1- Se examina el neumático para ver si es apto para recauchutar; en este examen inicial se mira si el neumático tiene pinchazos, si se pueden reparar, ( dependiendo el tipo de neumático) si se le ven los cables, etc. Normalmente, en el caso de turismo, los neumáticos tienen que estar en perfectas condiciones para que se pueda recauchutar, en el caso de camión se le tolera hacer alguna pequeña reparación y en el caso de los neumáticos industriales, debido a las grandes cantidades de goma y cables que tienen se les puede hacer unas reparaciones mas importantes ( cortes grandes, varios manchones, etc...) pero siempre dentro de las normas de calidad Europeas.



- 2- Una vez examinada la goma vieja hasta que se quede cerca de los cables, y se hace de talón a talón, este desecho va luego a la cribadora y finalmente se realiza el proceso de trituración donde se le da el tamaño requerido, este desecho sera el que utilizaremos como agregado en el presente trabajo.



- 3- Acabado del neumático: Consiste en reparar las imperfecciones que pueda tener el neumático después de raspado; esto se hace manualmente; de manera que se busca que no queden huecos a la hora de montar la goma nueva y que puedan luego crearse pequeñas cámaras de aire entre la goma.
- 4- Disolución: Se le da al neumático una capa de disolución que es goma natural para que a la hora de poner goma a la rueda esta se pegue mejor.
- 5- Montaje: Aquí lo que se hace es poner tiras de goma a los neumáticos para que sustituya a la goma vieja que tenía anteriormente; y en el caso del recauchutado en caliente, esto se hace de talón a talón ( teniendo en cuenta que la goma de la banda de rodadura es mas resistente a la abrasión y al desgaste, y la goma que se pone en los flancos es mas resistente a la flexión).





- 6- Vulcanización: Consiste en meter la rueda en su molde correspondiente a altas temperaturas dentro de una maquina vulcanizadora ( como un horno que funciona a una cierta temperatura y presión) y se deja que la rueda se “ cueza” para que quede sus partículas totalmente adheridas a la goma de la carcasa, y de ese modo no exista posibilidad de despegue.
- 7- Examen final: comprobamos si el neumático ha salido correctamente uno por uno y que no ha habido fallos en el proceso; ya que cualquier tipo de error a la hora de montar la goma raspar o vulcanizar, puede significar que el neumático salga defectuoso.



### **2.b.2 Molienda de neumáticos a temperatura ambiente**

La Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA) estima que de un neumático se debe obtener 10.48 kg de goma triturada.

A continuación se describe en forma simplificada el proceso de triturado a temperatura ambiente de neumáticos desechados.

El neumático es recogido en el generador principal (gomerías), y luego es llevado a la planta a través de los transportistas.

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 (Figura nº 3).

Donde se obtienen pedazos entre 2” y 6” (5.08 y 15.24 cm)





**Figura n°3**

Se hace un primer proceso de selección donde los pedazos mayores de 15.24 cm son llevados de nuevo a la trituradora primaria.

Se sigue hacia la trituradora secundaria donde se obtienen pedazos entre 1.59 y 0.63 cm

Los pedazos de goma pasan al primer sistema de magnetos donde se recoge el 95% de los alambres de acero.

De allí pasan a la trituradora terciaria (granuladora), donde se obtienen cuatro tipos de tamaño: Malla 4, Malla 2.8-1.4, Malla 1.4-0.850 y Malla 0.600.

Se somete el material al segundo sistema de magnetos para la extracción del remanente de acero.

A continuación, en un separador se recuperan las partículas de tamaño Malla 0.600 y se separa el nylon grueso. Los tamaños Malla 4 - 0.850 continúan hacia la tabla de gravedad.

En la tabla de gravedad se encuentra el tercer sistema de magnetos. Después de pasar por éste se considera que el producto es 99.96% libre de metal. Allí mismo se separan también las impurezas de las gomas tales como vidrios, arena, piedras y metales diamagnéticos tales como aluminio y cobre.

De la tabla de gravedad se continúa hacia la clasificadora donde se separan en los siguientes tamaños: Malla 4, Malla 2.8-1.4 y Malla 1.4-0.850.

Finalmente, en una empacadora el material es colocado en sacos quedando listo para salir de la planta.

En la Figura n° (4 a) se presenta un esquema de los principales procesos que se llevan a cabo en la planta para el triturado de neumáticos.

### Proceso de trituración a temperatura ambiente

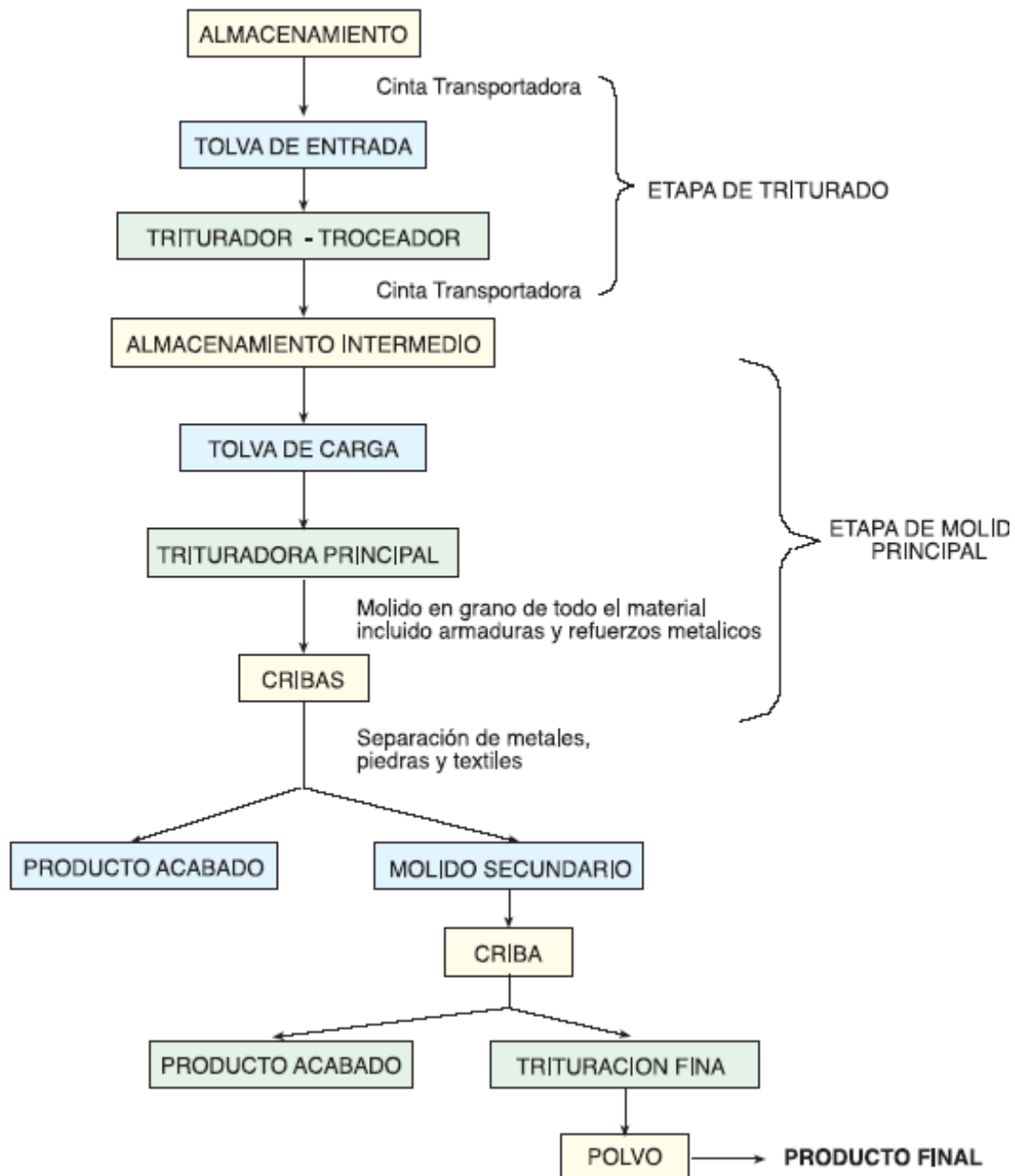
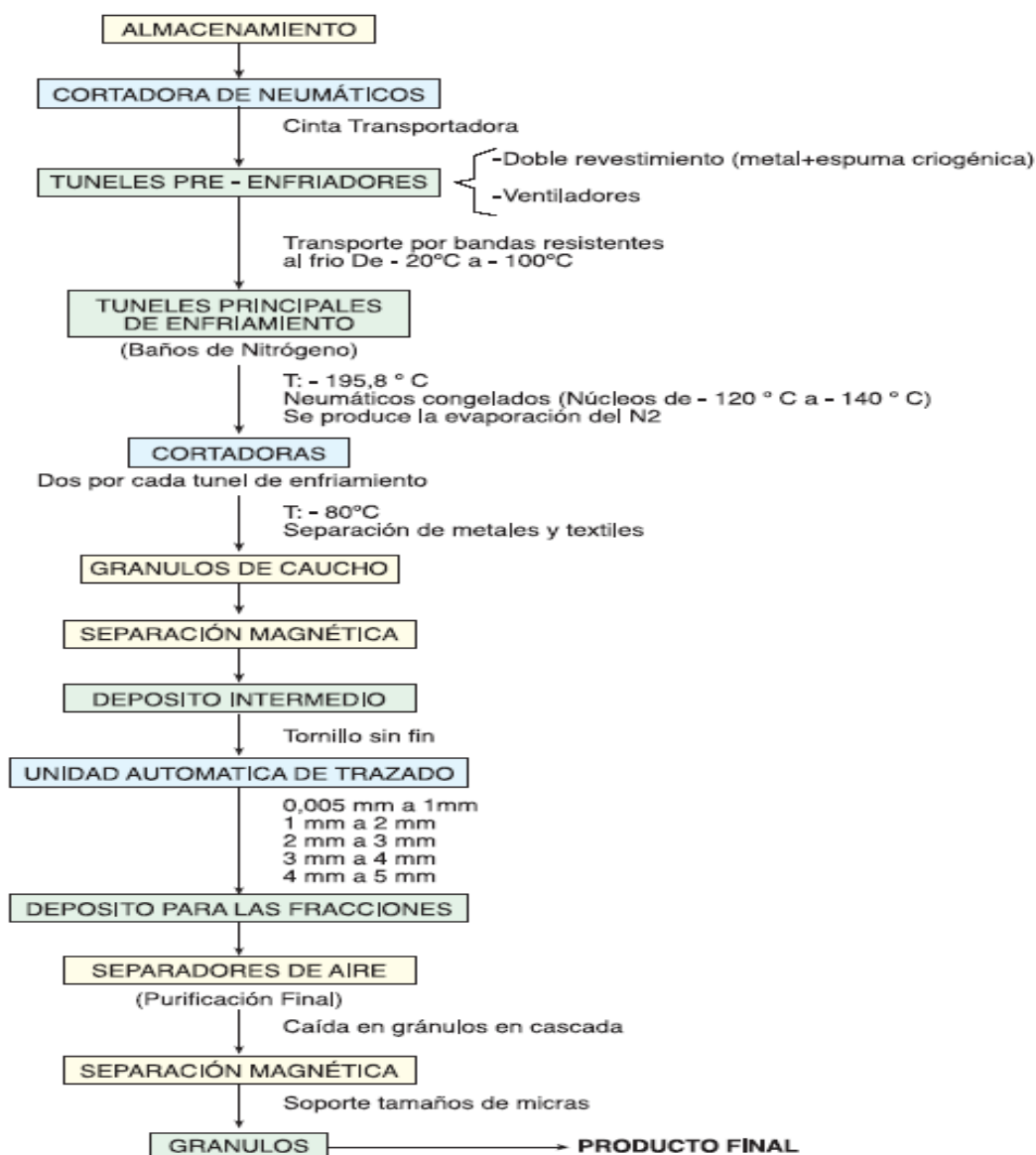


Figura nº 4a

### 2.b.3. Molienda por el proceso de criogénesis

El proceso de molienda por criogénesis representa un mayor avance tecnológico, obtiene un producto más puro y limpio de impurezas, con mayor demanda en el mercado, pero el proceso es más costoso. Este se basa en la propiedad del caucho de vitrificarse cuando es sometido a bajas temperaturas. El sistema consiste en aplicar, en el interior de túneles de congelación, nitrógeno líquido a neumáticos triturados previamente (granulometría basta) alcanzando temperaturas de hasta  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En este momento, el neumático pierde completamente su elasticidad y se vuelve frágil y quebradizo. Sometiéndolo a nuevos triturados se consiguen resultados realmente óptimos, de hasta  $0,1\text{ mm}$ . (figura nº 4b)

#### Proceso de trituración criogénica



### 3. Posibles usos del caucho reciclado

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

- utilización en asfaltos
- incineración
- vertederos

En 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

#### 3.a. ADICIÓN DE CAUCHO A LECHADAS ASFÁLTICAS

Se define a las lechadas asfálticas como mezclas de emulsiones asfálticas, agregados 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, constituye un mortero en frío, estanco y denso.

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

Las lechadas asfálticas se extienden en delgados espesores (entre 3 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 fricción del pavimento.

La norma IRAM 6833 “Asfalto para uso vial-lechadas asfálticas” marca 4 husos granulométricos (Tabla nº 3)

TAMICES IRAM 1501-2	CANTIDAD QUE PASA POR LOS TAMICES, en g/100g			
	TIPO1	TIPO2	TIPO3	TIPO4
½	100	100	100	100
3/8	100	100	100	85-95
¼	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 n° 3**

### **3.b. Usos según el tipo:**

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 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 superficiales.

Tipo 3: Es aplicable para proveer una nueva capa de rodamiento sobre superficies muy desgastadas. (Figura n° 5)

Tipo 4: Es aplicable sobre base estabilizada.



**Figura 5**

### **3.c. Características de los componentes que integran las lechadas.**

Agregados. Los agregados cumplen la función de conformar el esqueleto mineral de la lechada. Pueden provenir 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. Además se debe considerar 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 ésta. Procede de la humedad de los agregados, 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 proveniente del raspado del neumático previo al recauchutaje, en este caso, se incorpora sustituyendo una parte del agregado y en la mayor cantidad posible. Las lechadas en estudio son las Tipo III y Tipo IV que se aplican con una dotación de 11 a 14 kg/m<sup>2</sup>. Las granulometrías a utilizar de caucho en la lechada Tipo III son la SE y la O1, por ser más fina su molienda y en las lechadas tipo IV la SE, O1 y G3 (Figura nº 6).



Figura nº 6

#### 4. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Uno de los ensayos más utilizados para valorar el contenido de asfalto mínimo 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 pérdida de material por abrasión. Consiste en una manguera de neoprene, aplicada con una determinada presión sobre la superficie de una probeta, con un movimiento de rotación y de traslación, y durante un tiempo determinado, estando aquella cubierta de agua. Este tipo de ensayo se usa tanto para el diseño como para el control en obra.

##### 4.b. 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 moldean tres probetas por porcentaje de caucho. A continuación la probeta se cura en estufa de desecación a  $60 \pm 3$  °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  $25 \pm 0,5$  °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 máquina de abrasión (Figura nº 7). Luego se coloca en el cabezal de abrasión el trozo de manguera, apoyándolo suavemente sobre la superficie de la probeta.



**Figura 7**

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

Terminado el ensayo se retira el conjunto, se lava, se introduce en estufa a  $60 \pm 3$  °C hasta peso constante, se enfría al aire y se pesa anotándose este valor. Luego por diferencia de pesos antes y después del ensayo se calcula la

pérdida de masa en gramos producida durante el ensayo. El valor obtenido se multiplica por el factor de conversión (según máquina) para obtener la pérdida de masa de la probeta en  $\text{gr/m}^2$ .

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 corta en trozos de longitud de 127 mm.

Para que un resultado sea comparativo con otro y teniendo en cuenta la dispersión de los mismos, se deben acotar el menor número de variables posibles. Por lo tanto, se busca una curva granulométrica que esté comprendida dentro de los límites impuestos por las normas. Además se tiene el recaudo de pesar las fracciones por separado, obteniéndose así probetas con idéntica granulometría y dosificación.

Otro factor que incide en el ensayo es la confección de la probeta, por lo que para minimizar errores se prevé que siempre las realice el mismo operador.

La emulsión superestable que se utiliza en todo este trabajo es de elaboración propia, y 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
Dutilidad a 25°C, 5cm/minuto (cm)	Sup a 100

**Tabla nº 4**

La curva granulométrica utilizada y la fórmula de la lechada Tipo III es la que se detalla en la Tabla nº 5 adjunta:

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

**Tabla nº 5**



Con esta curva y la formula de laboratorio se efectúa la lechada patrón, obteniéndose como resultado del ensayo WTAT los siguientes:

Probetas	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P1	202
P2	350
P3	300
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>284</b>

**Tabla nº 6**

Como se comentó anteriormente, se dosificaron probetas con porcentajes en peso crecientes de caucho con diferente grado de trituración, en particular para la curva dosificó con porcentajes detallan en la Tabla nº 7:

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

Tipo III se los que se siguiente

**Tabla nº 7**

Los valores obtenidos en los ensayos 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 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P4	565
P5	560
P6	585
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>570</b>

**Tabla nº 8**

Caucho molienda 01	
Probetas Porcentaje agregado 5 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P7	1500

P8	1350
P9	1300
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>1383</b>

Tabla nº 9

Los valores obtenidos en los ensayos WTAT con el caucho molienda SE y con los porcentajes detallados en la Tabla nº 7 son los siguientes:

Caucho molienda SE	
Probetas Porcentaje agregado 1 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P10	570
P11	1042
P12	970
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>860</b>

Tabla nº 10

Caucho molienda SE	
Probetas Porcentaje agregado 3 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P13	1475
P14	1665
P15	1920
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>1677</b>

Tabla nº 11

La curva granulométrica utilizada y la fórmula de la lechada Tipo IV es la que se detalla en la Tabla nº 12 adjunta:

Curva IV		Formula	
TAMIZ	% PASA	Agregados	1089 gr.
½	100	Cal 1%	11 gr.
3/8	90	Agua 8%	88 gr.
¼	80	Emulsión 11%	121 gr.
4	72		
8	50		
16	37		
30	25		
50	18		
100	11		
200	6		

Tabla nº 12

Con esta curva (Tabla nº 12) y fórmula de laboratorio se efectúa la lechada patrón, obteniéndose como resultado del ensayo WTAT los siguientes (Tabla nº 13):

Probetas	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P1	105
P2	157
P3	112
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>124</b>

**Tabla nº 13**

Como se comentó anteriormente, se dosificaron probetas con porcentajes en peso

Porcentaje de caucho	Tipo de malla		
	8	G3	-
5	G3	-	01
3	G3	SE	01
1	-	SE	-

crecientes de caucho con diferente grado de trituración, en particular para la curva Tipo IV se dosificó con los porcentajes que se detallan en siguiente la Tabla nº 14:

**Tabla nº 14**

Los valores obtenidos en los ensayos WTAT con el caucho molienda 01 y con los porcentajes detallados en la Tabla nº 14 son los siguientes:

Caucho molienda 01	
Probetas Porcentaje agregado 3 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P4	450
P5	412
P6	426
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>429</b>

**Tabla nº 15**

Caucho molienda 01	
Probetas Porcentaje agregado 5 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P7	487
P8	495
P9	480
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>487</b>

**Tabla nº 16**

Caucho molienda 01	
Probetas Porcentaje agregado 8 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P10	910
P11	890
P12	900
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>900</b>

**Tabla nº17**

Los valores obtenidos en los ensayos WTAT con el caucho molienda SE y con los porcentajes detallados en la Tabla nº 14 son los siguientes:

Caucho molienda SE	
Probetas Porcentaje agregado 1 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P13	307
P14	250
P15	280
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>279</b>

**Tabla nº 18**

Caucho molienda SE	
Probetas Porcentaje agregado 3 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P10	1080
P11	1057
P12	1065
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>1060</b>

**Tabla nº19**

Los valores obtenidos en los ensayos WTAT con el caucho molienda G3 y con los porcentajes detallados en la Tabla nº 14 son los siguientes:

Caucho molienda G3	
Probetas Porcentaje agregado 3 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P10	345
P11	338
P12	350
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>344</b>

Tabla nº 20

Caucho molienda G3	
Probetas Porcentaje agregado 5 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P13	395
P14	392
P15	385
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>390</b>

Tabla nº 21

Caucho molienda G3	
Probetas Porcentaje agregado 8 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P13	590
P14	610
P15	600
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>600</b>

Tabla nº 22

### 3-CONCLUSIONES

Es posible encontrar en nuestro país cauchos provenientes de neumáticos, obtenidos por dos procesos básicos (criogénesis y de molinos).

Es posible usar en lechadas asfálticas caucho proveniente del raspado de cubiertas molidos con molinos de trituración. Este, se puede utilizar en parte como sustitución del agregado, siempre y cuando no se exceda la máxima pérdida por abrasión en pista mojada (WTAT) de 800 gr/m<sup>2</sup>, especificada en el "Pliego de Especificaciones Técnicas de Vialidad Nacional".

Además, se debe cuidar y estudiar muy bien los porcentajes a agregar y el tipo de molienda a usar. Teniendo en cuenta que la cantidad de caucho que se agrega es "en peso" y dado su bajo peso por unidad de volumen, se recomienda que no sean mayores del 3 % por el volumen que esto implica. Esta afirmación puede variar según la molienda de que se trate. Al momento se está trabajando con distintas moliendas de caucho a efectos de analizar si la adición y el proceso de colocación puede inducir mejoras en el comportamiento de las lechadas.

De acuerdo a lo expuesto se pueden alcanzar 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.

#### **4-BIBLIOGRAFIA**

- 1) Colin. F. et al, "Recent developments in sewage sludge processing". Elsevier. Amsterdam 1983.
- 2) DAVOS International Forum and Exposition. "RECYCLE 93" ed. Maack Business Service Ch-8804 Au/ZH.
- 3) Curso de Posgrado. Reciclaje de residuos en la construcción. Cátedra de Materiales. Escuela de Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona UPC.
- 4) Reciclaje de Residuos industriales. Xavier Elias Castells. Ed. Díaz de Santos 2000.
- 5) Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales. William Smith. 2000.
- 6) Asfaltos modificados fijación de un residuo contaminante. Botasso, González y otros. UTN La Plata. LEMaC. pag 85. Trigésima primera Reunión del asfalto. Tomo I
- 7) Reutilización de neumáticos en obras viales Ramón Tomaz Raz. Revista Carreteras Nº 118 pag 26.
- 8) Lechadas y microaglomerados asfálticos, A. Bardesi, Composan Distribución S.A, p 1-36
- 9) 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
- 10)Repavimentación con microaglomerados asfálticos en frío, H.R. Sierra Vigésima novena Reunión del asfalto, Mar del Plata, Argentina 1996, p203-211.
- 11)Emulsiones asfálticas, Asfaltos del Plata S.A., La Plata, Argentina 1996,p19-26
- 12)J.PAYAN de TEJADA, "Empleo de materiales reciclados en obras de carretera". IX Jornadas de Conservación de Carreteras, Salamanca Junio 2.004.