

## “INCORPORACIÓN DE CAUCHO EN LECHADAS ASFÁLTICAS”

**A. C. Cuattrocchio; G. H. Botasso; O. R. Rebollo; C. J. Soengas; M. E. Sosa**

Centro de Investigaciones Viales LEMaC. UTN Facultad Regional La Plata. La Plata Buenos Aires Argentina.

### 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.

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 de caucho molido. A la vez de tratar de utilizar este producto proveniente de la molienda de cubiertas de automóviles.

Se valora además el comportamiento de las lechadas elasto-asfálticas versus las convencionales, mediante la utilización del ensayo de uso tradicional en lechadas asfálticas, WTAT “ Ensayo de Abrasión en pista mojada”.

Se analiza 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.

### Palabras Claves

Lechadas asfálticas – Caucho – Incorporación- Reciclado de neumáticos

### ABSTRACT

The operations to improve the roads with prevent and corrective maintenance, indicate the technical-economy way to analyse the cost-benefits, making a balance between materials and safety in the road, and with guaranteed for the user.

The use of slurry, a lot of time go from a simple sealing to a renovation with un-slipping characteristics with high texture.

A poor thickness of the layers (slim layers) make it rigids. With this work We try to give more flexibility with the incorporation of crushing rubber. Using also a product of old rubber tyre.

We also value the behaviour of the elasti-asphalts slurries versus the conventional slurries, by the use of a traditional test like is the WTAT (Wet Tracking Abrasion Test).

We analyzed the characteristics of the rubber employed and the form to incorporate it, because We must guaranteed a good incorporation in the mix.

### Palabras Claves

Slurry seals – Rubber incorporation – Recycled of old rubber tyre

## INTRODUCCIÓN

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 extraída 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.

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, paragolpes de embarcaciones, hamacas, juegos, etc. En particular queremos destacar que en los 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 asfálticas nuevas.

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 la funde con plástico propileno, lo cual permite fabricar un material resistente a la tracción, extensible y fácil de trabajar, con el que se pueden producir, por ejemplo, paragolpes de vehículos.

### 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.

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

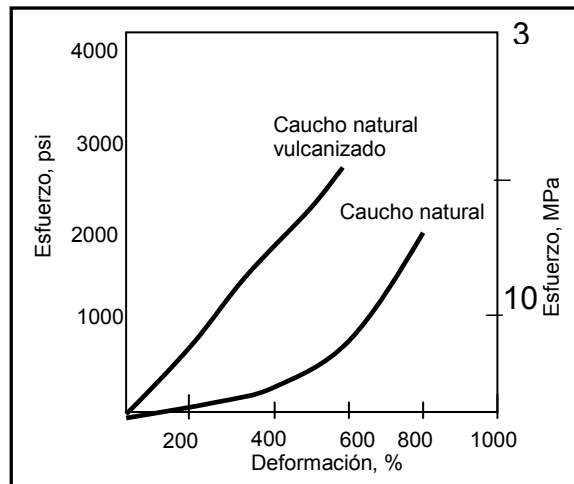
- Cauchos naturales (NR)
- Estireno – Butadieno (SBR)
- Polibutadienos (BR)
- Polisoprenos (IR)

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 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.



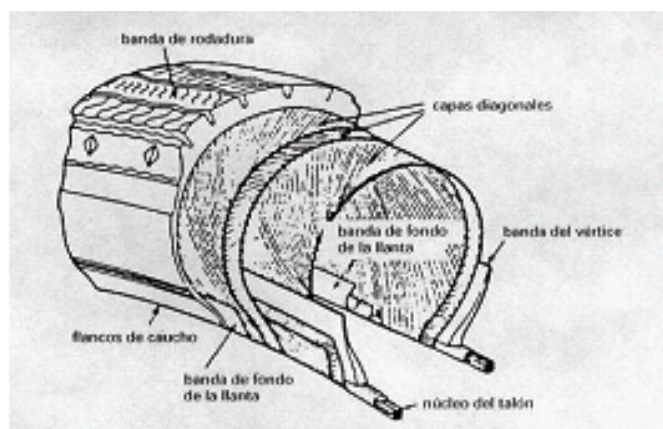
**Figura 1**

En forma general el neumático está compuesto por diversos componentes, Tabla 1.

Componentes	Tipo vehículo		Función
	Automóviles % en peso	Camiones % en peso	
Cuchos	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 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.



**Figura 2**

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

Elastómero	Resist. A la tracc. PSI	Elongación %	Densidad g/cm <sup>3</sup>
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**

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 soportan los neumáticos, el desgaste de los mismos 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.

El recauchutaje consiste en retirar las gomas dañadas (por medio de un raspado) que componen la banda de rodadura y montar una nueva banda. Actualmente, la calidad obtenida, si el montaje es correcto, ofrece las mismas propiedades que un neumático nuevo. Además, la técnica es capaz de multiplicar por dos o tres veces la vida útil del neumático.

Cuando no se realiza de forma correcta, el recauchutado revienta 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. Este raspado es el que se utiliza luego en los molinos de trituración, 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

utilizaremos en nuestro trabajo ya que en nuestro país no se realiza la molienda previa y clasificación.

### **Niveles de molienda**

Los niveles de molienda del caucho se pueden clasificar como se cita a continuación.

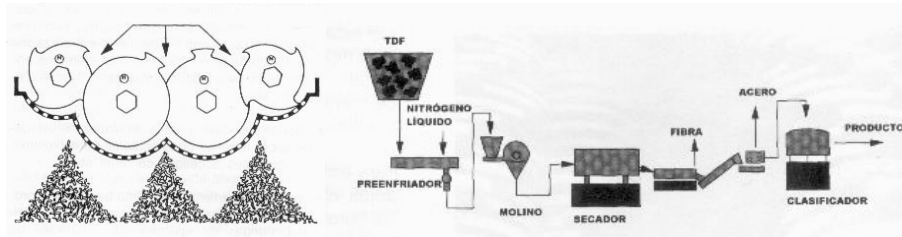
Nivel de trituración previa. Se realiza un triturado previo con trituradoras de 2 o más ejes, con cuchillas que giran entre 15 y 20 RPM. El tamaño de producción puede no ser estable, pero eso no tiene gran importancia en esta etapa por que se considera de trituración macro (Figura 3). Mediante equipos neumáticos y electroimanes se retiran las fracciones secundarias; textil y metales.



**Figura 3**

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:

- A temperatura ambiente: con molinos clásicos y por cilindros se separa la parte textil.
- 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 4)



Molienda de caucho en forma preliminar y en procesos de criogénesis  
Figura 4

Posibles usos. 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 molindas 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

### **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 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.

La norma IRAM 6833 “Asfalto para uso vial-lechadas asfálticas” marca 4 husos granulométricos (Tabla 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 3

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 5)

Tipo 4: Es aplicable sobre base estabilizada.



Figura 5

## **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:

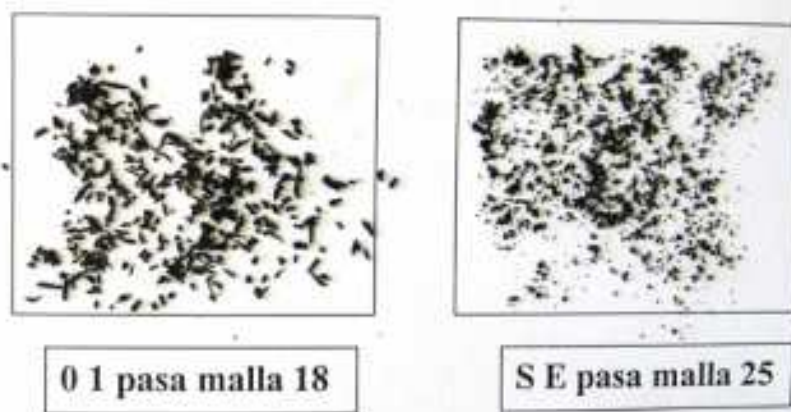
- Trituración de roca masiva
- Grava natural triturada
- Grava natural sin triturar

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 de la molienda de neumático, en este caso, se incorpora sustituyendo una parte del agregado y en la mayor cantidad posible. La lechada en estudio es la Tipo III, por ser la que se aplica en mayor dotación junto con la del Tipo IV (11 a 14 kg/m<sup>2</sup>). Por lo tanto, la cantidad de caucho en peso a utilizar es mayor que en el resto.

Las granulometrías a utilizar de caucho en la lechada Tipo III son la SE y la 01, por ser más fina su molienda (ver Figura 6).



**Figura 6**



## 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.

### 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 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 150

**TABLA 4**

La curva granulométrica utilizada y la fórmula de la lechada Tipo III es la que se detalla en la Tabla 5 adjunta:

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

**TABLA 5**

Con esta curva y esta dotación de emulsión 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 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 Tipo III se dosifico con los porcentajes que se detallan en siguiente la Tabla 7:

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

**TABLA 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	720
P5	405
P6	585
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>570</b>

**TABLA 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 9**

Los valores obtenidos en los ensayos WTAT con el caucho molienda SE y con los porcentajes detallados en la Tabla 7 son los siguientes:

Caucho molienda SE	
Probetas Porcentaje agregado 3 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P10	1475
P11	1665
P12	1920
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>1677</b>

**TABLA 10**

Caucho molienda SE	
Probetas Porcentaje agregado 1 %	Pérdida en gr/m <sup>2</sup>
P13	570
P14	1042
P15	970
<b>Valor Medio gr/m<sup>2</sup></b>	<b>860</b>

**TABLA 11**

## 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. Esto se debe a que cuanto más pequeño es el tamaño de la fibra y mayor el porcentaje incorporado, mayor es el desgaste que sufren las probetas. Teniendo en cuenta que la cantidad de caucho que se agrega es “en peso” y dado su bajo peso por unidad de volumen, los porcentajes de caucho a agregar se recomienda 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.

## 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. Díaz 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.
- 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