

INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Utilización de caucho de neumáticos reciclados en mezclas asfálticas para pavimento

Ing. Efraín Pérez Chavarría

Ingeniero Civil,

Docente - Investigador de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exáctas y Tecnología de la U.A.G.R.M.

ANTECEDENTES

En la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, de acuerdo a datos obtenidos*, alrededor de 3 a 4 mil de unidades de llantas de vehículos por semana se encuentran fuera de uso, las mismas son llevadas al vertedero de residuos sólidos “Normandía”. Este enorme volumen de productos utilizados no son biodegradables, además por la forma geométrica estos elementos son reservorios adecuados para la generación de la contaminación biológica, causando preocupación en las autoridades y población en general.

ALGUNAS IMÁGENES QUE ILUSTRAN LA CONTAMINACIÓN



Figura 1



Figura 2. Contaminación del medio ambiente por polución de quema de llantas

OBJETIVOS

Establecer recomendaciones sobre el empleo de los materiales obtenidos en la trituration fina del caucho procedente de neumáticos fuera de uso en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente para pavimentación de vías vehiculares o peatonales.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar en laboratorio valores comparativos de los materiales sin y con mezcla de residuo de neumáticos reciclados y evaluar el comportamiento de estas mezclas.

MATERIALES Y SUS PROPIEDADES

Asfalto: Es un material ligante sólido y semi-sólido, de color entre negro y marrón oscuro, que generalmente se funde al calentarlo, en el cual los constituyentes que predominan son betunes, es obtenido por destilación del petróleo o bien combinaciones de los betunes mencionados, entre ellos con petróleos o derivados del mismo, se trata de un ligante poderoso, rápidamente adhesivo, muy permeable y durable. Es una sustancia plástica e imparte flexibilidad, controlable a las mezclas de los agregados con las cuales se combina usualmente.

Betunes: Son mezclas de hidrocarburos naturales o pirogenados, o combinación de ambos, que pueden ser gaseosos, líquidos, semi-sólidos o sólidos, y que son completamente solubles en bisulfuro de carbono (CS_2).

Cemento asfáltico: Es un asfalto refinado o una combinación de asfalto refinado y fluxante de consistencia adecuada para fines viales, su penetración normal oscila entre 40 y 300mm/seg.

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:

- Caucho Natural (NR)
- Estireno –Butano (SBR)
- Poli butadienos (BR)
- Polisoprenos (IR)

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

Vulcanización: 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.

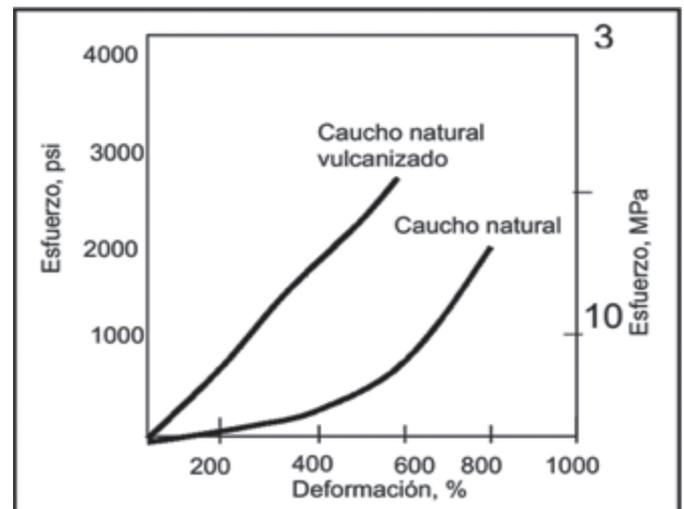


Figura 3.

En el proceso de vulcanización, el caucho un material termoplástico pasa a ser un elastómero. Las posibilidades de deformación son muy diferentes, como se muestra en la figura 3.

Fuente: Centro de investigaciones Viales LEMaC, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata Argentina; Adrián Cuattrocchio, Gerardo Botasso, Óscar Rebollo, Cecilia Soengas.

Los **niveles de molienda** del caucho se puede clasificar en:

Nivel de trituración previa

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

Nivel de trituración final

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

- **A temperatura ambiente:** Con molinos clásicos y por cilindros se separa la parte textil.
- **Criogénesis:** Se realizan entre -60°C y -70°C dando un producto más a fin y de mejor finura de hasta valores que pasan un 100% la malla N°100 de ASTM.

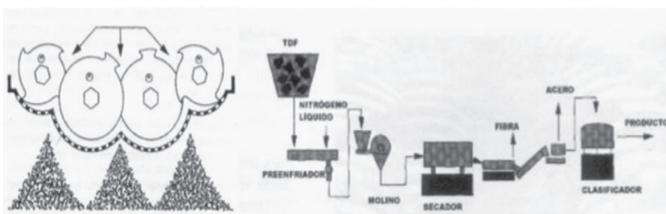


Figura 4. Molienda de caucho en forma preliminar y en proceso de criogénesis.

Dentro de las alternativas razonables para su reutilización, una de las que se considera más apropiada, corresponde a la trituración del neumático, separación selectiva de

sus componentes, molido e incorporación del caucho en las mezclas bituminosas en caliente, para mejorar las propiedades reológicas de la mezcla asfáltica. Por sus características de constitución, se hará una diferencia entre los polímeros que habitualmente se utilizan en la modificación de betunes y el polvo de neumáticos.

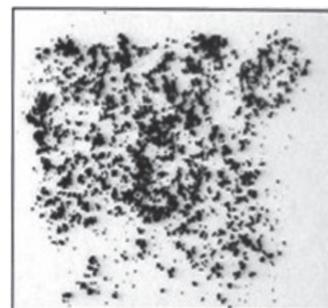
Los tamaños de trituración pueden ser de diferentes tamaños, como se puede observar en la figura siguiente:



Pasa Malla N° 8



Pasa Malla N° 18



Pasa Malla N° 30

Figura 5.

ALTERNATIVAS DE INCORPORACION DE CAUCHO RECICLADO

La incorporación de polvo de caucho a una mezcla bituminosa modifica sus propiedades reológicas y mejora sus prestaciones como material para carreteras. Esta incorporación se puede hacer de dos alternativas:

Vía húmeda

Es la técnica que consiste en la mezcla previa del polvo de caucho con el betún para su posterior empleo como ligante en la mezcla bituminosa. El betún que ha estado modificado o mejorado con polvo de neumático es conocido como betún-caucho, y es el resultado de la interacción de los dos materiales.

Vía seca

Es la técnica que consiste en la incorporación del polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso NFU, directamente en la amasadora de la planta de fabricación de la mezcla bituminosa, como si de un árido mineral se tratara, pero las partículas más finas interaccionan con el betún modificando sus propiedades, consiguiendo mejorar el comportamiento de la mezcla bituminosa. Este proceso se utiliza cuando se quiere utilizar polvo de neumático como sustituto de una pequeña parte del árido fino.

A diferencia del proceso de vía húmeda, este no requiere ningún equipo especial; solamente necesita de un sistema de alimentación (silo) que proporcione la cantidad deseada de polvo y que se incorpore en el momento en que los áridos lleguen a una cierta temperatura y antes de añadir el betún.

En los procedimientos por vía seca el polvo de caucho se introduce directamente en el mezclador de la central de fabricación de mezclas bituminosas como si fuese un árido más.

UTILIZACION – VÍA SECA

Ventajas:

- Tecnología accesible a las empresas fabricantes de mezclas bituminosas y no sólo a las que fabrican betunes modificados.
- Trabajar directamente con el polvo de caucho de la zona sin costes de traslados adicionales.
- Proceso que puede consumir gran cantidad de neumáticos.
- Se obtienen mezclas bituminosas más baratas, además de aprovechar un residuo (ventaja medioambiental).

Inconvenientes:

- Necesita procesos específicos de fabricación y condiciones controladas de ejecución (temperatura, extendido, compactación).
- Se precisan empresas adiestradas y con control de calidad riguroso.
- No se garantiza la homogeneidad de la mezcla.
- Aumento de costes (polvo de caucho, incremento de la dotación de betún, equipos adicionales, incremento de la temperatura de fabricación) en comparación a las mezclas convencionales, pero hay que compararlos con los beneficios obtenidos.

UTILIZACION – VÍA HUMEDA

Ventajas:

- Se puede suministrar a los productores de mezclas asfálticas como si se tratara de betunes modificados con polímeros.
- Existencia de economía escala, ya que una sola central suministra varias plantas asfálticas.
- Posibilidad de someterlo a control de calidad.
- Estables al almacenamiento y transporte.
- Mejora las características de las mezclas de forma económica y medioambiental.

Inconvenientes:

- Requiere inversiones de equipos adicionales.
- Aumento de costes (polvo de caucho, incremento de la dotación de betún, equipos adicionales, incremento de la temperatura de fabricación) en comparación a las mezclas convencionales, pero hay que compararlos con los beneficios obtenidos.
- Las altas temperaturas empleadas en algunos procesos, puede aumentar las emisiones durante la fabricación. Hay estudios en USA, que demuestran estar dentro de los límites autorizados.

SECUENCIA DEL TRABAJO REALIZADO



Figura 6. En las imágenes se puede observar partículas de polvo de caucho pasante por la malla N° 30, obtenidas de las empresas recauchutadoras



Figura 7. Obtención de muestras del acopio de agregados para ser utilizados en las mezclas asfálticas.

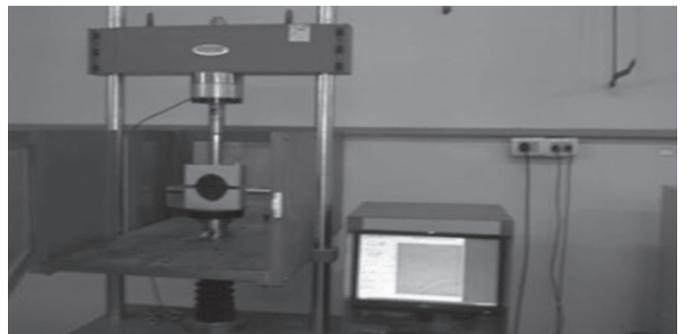
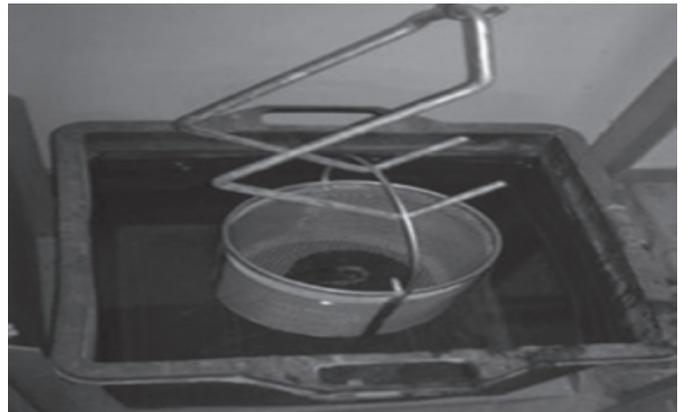
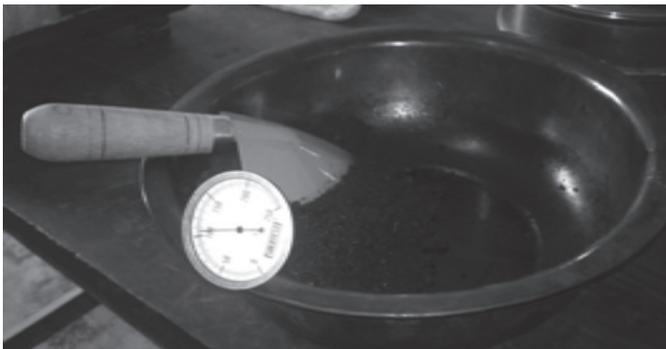


Figura 8. Ensayos de laboratorio

VALORES COMPARATIVOS

ENSAYOS	CEMENTO ASFÁLTICO SIN CR	CEMENTO ASFÁLTICO ADICIÓN CR 10%	CEMENTO ASFÁLTICO ADICIÓN CR 14%	CEMENTO ASFÁLTICO ADICIÓN CR 17%	ESPECIFICACIONES ASTM
DUCTILIDAD (cm)	134,5	52	52,5	48	100 +
PELÍCULA DELGADA (%)	0,39	0,20	0,28	0,22	-
PUNTO DE ABLANDAMIENTO (°C)	58,5	56,75	61,75	66	53≥
PENETRACIÓN (mm/s)	19	11	10	7	60/70
ENSAYO DE LA MANCHA	Negativo	-	-	-	Negativo
PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	0,928	-	-	-	-

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS – METODO MARSHALL

CRITERIOS DE DISEÑO DE MEZCLA MARSHALL							
método marshall	Tráfico ligero		Tráfico medio		Tráfico pesado		
	carpeta y base		carpeta y base		carpeta y base		
Criterio de mezcla	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
Compactación, número de golpes en cada uno de los especímenes	35		50		75		
Estalid (N)	3336	—	5338	—	8006	—	
Estalid (lb)	750	—	1200	—	1800	—	
Flujo, (0,25mm)(0,01)	8	18	8	16	8	14	
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5	
porcentaje de vacíos en los agregados							
porcentaje de vacíos llenos de asfalto	70	80	65	78	65	75	

FUENTE: ASPECTOS DEL DISEÑO VOLUMÉTRICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTES- (PAÚL GARNICA ANGUAS, HORACIO DELGADO ALAMILLA, JOSÉ ANTONIO GÓMEZ LÓPEZ, SERGIO ALONSO ROMERO, HUMBERTO ALONSO ALARCÓN ORTA)-PUBLICACIÓN TÉCNICA N°246 SANFANDILA , Qro 2004.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS (U.A.G.R.M.)																		
UTILIZACIÓN DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS EN MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTO																		
PROYECTO: UTILIZACIÓN DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS EN MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS																		
PROCEDENCIA DEL MATERIAL: BRASIL																		
TIPO DE MUESTRA: 5,5% CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL																		
CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA																		
																P. E. Agregado Total Efectivo :		2,67
																POLIMERO		60/70
																Peso Especifico :		0,928
Identificación	Altura de Briqueta (cm.)	% Asfalto		Peso Briqueta en el aire (Gr.)	Peso briq. sumergida en el Agua (Gr.)	Volumen Briqueta (cm ³)	Densidad briqueta		% de Vacíos				Peso Unitario Agregados (Gr / cm ³)	Estabilidad Marshall (Lb)			Resistencia Remanente %	
		Base Agregado	Base mezcla				Real (Dr.)	Máxima Teórica (Dmt.)	Mezcla (Vv)	Agregados (VAM)	Llenos de asfalt (RBV)	Real		Factor correcc. Altura	Corregida			1 / 100 ⁿ
															Kgs.	Lbs.		
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p			
1	6,02			1188,4	683,5	504,9	2,354						560	1,093	612	1,349	16,1	89,96
2	6,05	5,50		1201,0	692,9	508,1	2,364						565	1,084	612	1,350	15,9	89,97
3	6,08	5,50		1190,2	681,6	508,7	2,340						573	1,074	615	1,357	15,8	90,45
PROMEDIO							2,353	2,456	4,2	17,0	75,3	2,254			613	1,352	16	90
ESPECIFICACIONES									3 - 5	³ 15	75 - 82				³ 1500	8 - 18	³ 85	

RECOMENDACIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos se puede indicar que la utilización del caucho reciclado es adecuado su uso en las mezclas con una dosificación adecuada como es en este caso el 10% utilizando partículas de caucho reciclado pasante por la malla N°30, este tipo de partículas es relativamente fácil de obtener en nuestro medio.

Con la utilización de la dosificación óptima se pueden utilizar como material de pavimentación en carreteras de alto tráfico, mediano y liviano, además el caucho reciclado se puede utilizar para diferentes tipos de usos como ser:

- *Defensa de muelles o embarcaciones.*
- *Barreras sonoras.*
- *Elemento de seguridad vial.*

Los trozos o tiras de caucho reciclado

- *Rellenos ligeros*
- *Drenaje de gas en vertederos*
- *Para filtración de lixiviados en vertederos*
- *Aislante térmico*

Como material granulado y en polvo

- *Carreteras*
- *Campos de fútbol*
- *Campos de juego y gimnasia*
- *Pistas de atletismo*
- *Pistas ecuestres*
- *Relleno de césped artificial*
- *Camas para ganado*
- *Calzados baldosas*
- *Rellenos de cables*
- *Decoración*
- *Mezclas de caucho*

Y de acuerdo a referencias obtenidas el caucho se puede utilizar como energía calorífica constituyéndose como un buen combustible, las mismas pueden utilizarse en centrales térmicas, cementeras, industrias papeleras, cerámicas, producción de vapor para maquinas ya que la combustión del caucho es menos contaminante que el carbón y además producen un poder calorífico de aproximadamente 7500kcal/kg.

Se recomienda a los profesionales tanto de medio ambiente como de otras carreras técnicas tomar en cuenta la utilización del caucho reciclado para diferentes actividades como se indicó en el párrafo anterior, ya que estas pueden disminuir la contaminación ambiental y contribuir al ahorro de energía de recursos no renovables.