



**Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata**

**“ESTUDIO DE LA ADHERENCIA EN MEZCLAS
FILLERIZADAS Y CON LA INCORPORACIÓN
DE CAUCHO RECICLADO”.**

**Centro de investigaciones Viales LEMaC
Área: Materiales Viales
Becario: Nicolas Dipietroantonio
Director Tesis: Oscar Rebollo**

ESTUDIO DE LA ADHERENCIA EN MEZCLAS FILLERIZADAS Y CON LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO

LEMaC – REPSOL YPF
Centro de Investigaciones Viales
Área materiales viales
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata
Calle 60 y 124. La Plata (1900). Buenos Aires. Argentina.
Tel-fax: 0054-221-4890413
Email: lemac@frlp.utn.edu.ar pag. www.frlp.utn.edu.ar/lemac

1. Resumen

La falta de adherencia entre árido y ligante asfáltico, ha sido tema de numerosos análisis tendientes a solucionar o disminuir los deterioros originados en los pavimentos como consecuencia de este fenómeno. La misma genera la formación de desprendimientos, los que afectan negativamente a la estructura, sea, a nivel de superficie de rodadura o favoreciendo el ingreso de los agentes agresivos.

Tendiente a mejorar este fenómeno se utilizan los “Aditivos mejoradores de adherencia”, estos productos (tensioactivos), son agentes de superficie, que incorporados al ligante mejoran la adherencia. En esta tercera etapa se le incorpora caucho por vía húmeda, proveniente de la molienda de cubiertas, aditivados en la planta de RESOL - YPF, y cal hidráulica como filler.

El presente trabajo pretende valorar con el test de Lottman modificado y la mezcla tipo diseñada en el LEMaC, las mejoras en las fuerzas de cohesión interna y en la adherencia en mezclas confeccionadas con estos materiales.

2. Introducción

Sobre el tema de la adherencia ligante y árido se ha hablado mucho, pero es necesario recordar su definición. La adhesividad se define como “la capacidad de un ligante para quedar fijo en el agregado, al que recubre sin peligro de desplazamiento, incluso en presencia de agua, tránsito y cambios bruscos de temperatura”.

En esta etapa se utiliza solamente el test de Lottman modificado para valorar la adherencia, esto se debe a que en los trabajos realizados este ensayo ha puesto perfectamente en evidencia este fenómeno.

Este trabajo es realizado por la empresa REPSOL – YPF y el Centro de Investigaciones Viales LEMaC los cuales realiza los siguientes trabajos:

- a) REPSOL – YPF
 - Caracterización del ligante asfáltico base
 - Caracterización del ligante asfáltico base con la incorporación del mejorador de adherencia.
 - Caracterización del ligante asfáltico base con la incorporación en forma húmeda de caucho.
 - Caracterización del ligante asfáltico base con la incorporación en forma húmeda de caucho y mejorador de adherencia.
 - Valoración de las mezclas asfálticas por medio del ensayo de módulo dinámico.
- b) LEMaC
 - Selección del tipo de mezcla: densa.
 - Incorporación de mejorador de adherencia en los ligantes asfálticos base y modificado con caucho.
 - Determinación del porcentaje óptimo de mejorador de adherencia.
 - Mezcla 1: Moldeo de la mezcla patrón con ligante asfáltico base
 - Mezcla 2: Moldeo de la mezcla con ligante asfáltico base más la incorporación del mejorador de adherencia, en el porcentaje definido en el paso anterior.
 - Mezcla 3: Moldeo de la mezcla con ligante asfáltico base más la incorporación del mejorador de adherencia con el porcentaje óptimo más la incorporación de cal como filler.
 - Mezcla 4: Moldeo de mezcla asfáltica patrón con ligante asfáltico modificado con caucho.
 - Mezcla 5: Moldeo de mezcla asfáltica con ligante asfáltico modificado con caucho más mejorador de adherencia con el porcentaje óptimo y la adición de cal como filler.

3. Materiales

3.1. Ligante Asfáltico

3.2. Aditivo Mejorador de Adherencia

Son productos (tensoactivos), agentes de superficie, que incorporados al ligante mejoran la adherencia orientando las moléculas más polares del ligante asfáltico hacia el árido para neutralizar las cargas electrostáticas de la superficie mineral. Reaccionan sobre los agregados minerales, de manera que modifican su superficie y las vuelven “más mojables” por los ligantes que por el agua. Los productos que confieren tal efecto son muy diversos al igual que lo será su modo de acción. El mejorador de adherencia utilizado es específico para mezclas en caliente. Para el presente trabajo se utiliza un mejorador de adherencia amínico, cuyas características principales se resume en la Tabla N° 3.

Propiedades Físicas				
Apariencia a 25 °C			Líquido café	
Punto de fluidez, °C			5	
Punto de inflamación, °C			> 200	
	Temperatura °C			
	10	20	30	40
Viscosidad mPa.s (cP)	1850	1300	590	230
Densidad, g/cc	1,00	0,99	0,98	0,98

Tabla Nº 3

3.3 Áridos

El tipo de árido que se utiliza en esta etapa del trabajo se trata de, un agregado granítico gris cuarzo-feldespático, de la ciudad de Olavarria. En las Tablas Nº 4 y Nº 5 se detallan sus propiedades.

AGREGADO FRACCIÓN GRUESA	
Parámetro	Valor
Peso específico (g/cm ³)	2.69
Absorción (%)	0,3
Desgaste Los Ángeles (%)	20
Índice de lajas	22
Índice de agujas	11
Partículas con dos ó más caras de fractura	100

Tabla Nº 4

AGREGADO FINO	
Parámetro	Valor
Peso específico (g/cm ³)	2.68
Equivalente de arena (%)	68

Tabla Nº 5

4. Preparación de las muestras

4.1 Ligantes asfálticos

Los ligantes asfálticos utilizados en el presente trabajo son proporcionado por la empresa REPSOL - YPF, los mismos son ligante asfáltico base y ligante asfáltico modificado con caucho. A los cuales el LEMaC les incorpora el mejorador de adherencia en forma manual a una temperatura de 150 °C, con agitación de varilla durante 5 minutos.

Con el objeto de valorar la influencia de la incorporación de mejoradores de adherencia en las propiedades de los ligantes asfálticos se analizan los diferentes betunes participantes del trabajo.

Se hizo uso, con tal motivo, de ensayos tradicionales, como así también de ciertos parámetros relacionados con el comportamiento reológico de los ligantes asfálticos, tales como el módulo de corte complejo G^* y el ángulo de fase δ para los aspectos vinculados con el rango de temperaturas elevadas, mientras que para el rango de bajas temperaturas se determina el Stiffness de los ligantes.

4.2 Mezcla asfáltica

Como se menciona anteriormente, se opta para el desarrollo del presente, por una mezcla asfáltica tipo denso de uso corriente en nuestra zona.

Para la dosificación de la mezcla asfáltica se sigue con el criterio de los trabajos anteriores, donde se compone la curva granulométrica de los áridos, tamiz por tamiz. Como se hace constante esta variable, se puede evaluar perfectamente el comportamiento del ligante asfáltico desde el punto de vista de la adherencia.

El huso granulométrico de referencia se observa en la tabla N° 6, mientras que en la tabla N° 7 se detalla la granulometría resultante de la combinación de fracciones electa en esta oportunidad. El porcentaje de ligante óptimo, determinado mediante la metodología Marshall, fue de 5.2 % respecto del total de la muestra, utilizando para la dosificación una energía de compactación de 50 golpes por cara.

Los valores obtenidos en el método Marshall, se encuentran en la tabla N° 8.

Límites mezcla asfáltica densa

Tamiz N°	Abert. (μm)	% Pasa	
		Mínimo	Máximo
1'	25400	100	100
$\frac{3}{4}$ '	19100	100	100
$\frac{1}{2}$ '	12700	85	100
4	4760	53	80
10	2000	35	60
40	430	20	40
80	177	10	30
200	74	3	10

Tabla N° 6

Mezcla densa LEMaC

Tamiz	% Pasa
1'	100
$\frac{3}{4}$ '	100
$\frac{1}{2}$ '	92.5
4	66.5
10	47.5
40	30.0
80	20.0
200	6.5

Tabla N° 7

Material	Densidad Marshall (g/cm ³)	Vacíos (%)	Estabilidad (Kg)	Fluencia (mm)	VAM (%)	RBV (%)
Mezcla patrón con ligante asfáltico sin mejorador de adherencia	2,344	4,6	799	3.2	17	73

Tabla N° 8

5. Resultados y Discusión

5.1 Mezcla 1: Mezcla patrón con ligante asfáltico base

Como primer medida se evalúa por medio del test de Lottman, el comportamiento del ligante asfáltico base en la mezcla patrón, como se puede observar en la Tabla N° 9, el mismo es levemente por debajo del valor mínimo de exigencia, el cual debe ser >80%, valor este que coincide con los resultados obtenidos en los trabajos precedentemente presentados.

Tipo de Ensayo	Promedio de la Resistencia Seca	Promedio de la Resistencia Húmeda	Cálculo TSR = $R_H/R_S \cdot 100$	MEZCLA 1
	R_S (gr/cm ³)	R_H (gr/cm ³)	%	Con ligante asfáltico sin mejorador de adherencia
Sin Acondicionar	13,7		100	
Acondicionadas		10,5	77,4	

Tabla N° 9

5.2 Determinación del porcentaje óptimo de mejorador de adherencia

En primera instancia se determina el porcentaje de mejorador de adherencia, se moldean las mezclas que intervienen en este trabajo, para lo cual se realiza el ensayo del test de Lottman, a las mezclas asfálticas con ligante asfáltico base aditivado con mejorador de adherencia, en los porcentajes 0.3%, 0.5%, 0.7% y 1.0%. En la Tabla N° 10 se representan los valores obtenidos en el ensayo.

Tipo de Ensayo	Promedio de la Resistencia Seca	Promedio de la Resistencia Húmeda	Cálculo	MEZCLA
			TSR = RH/RS*100	
	R_S (gr/cm ³)	R_H (gr/cm ³)	%	Con ligante asfáltico sin mejorador de adherencia
Sin Acondicionar	13,7		100	
Acondicionadas		11,8	85,8	0,3%
Acondicionadas		12,6	92,4	0,5%
Acondicionadas		13,3	97,3	0,7%
Acondicionadas		13,7	100	1,0%

Tabla N° 10

El grafico N° 1 muestra la curva resultante de los ensayos con el test de Lottman del ligante asfáltico aditivado con los porcentajes de prueba, en donde se observa que todos los porcentajes cumplen con el valor mínimo de exigencia. Se decide adoptar el 0.5% de mejorador de adherencia, dado que ese valor, como se observa en el gráfico N° 1, garantiza que el cociente de resistencia a tracción entre las probetas húmedas y secas, denominado TSR (tensile strength ratio), ($TSR = Th/Ts*100 >80\%$), sea mayor al 90%, valor este que cumple perfectamente con la exigencia del método.

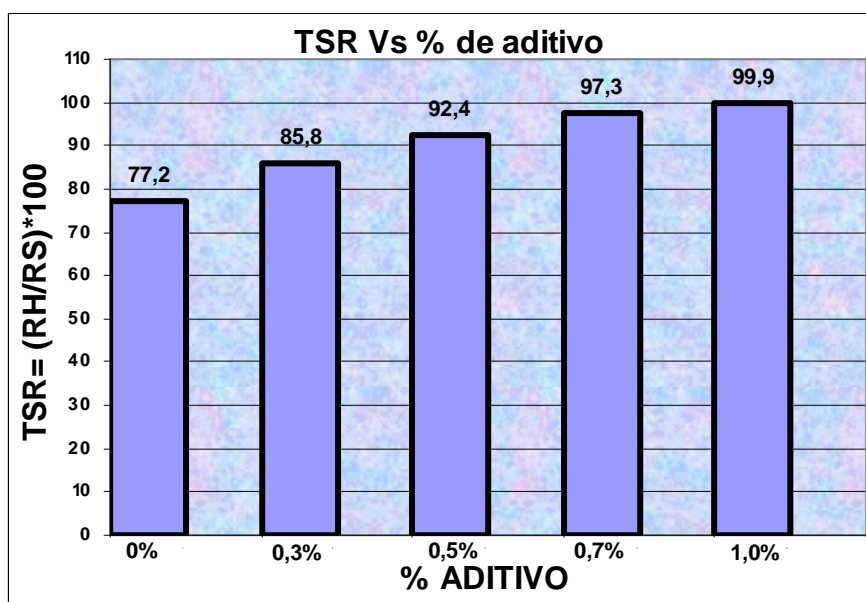


Grafico N° 1

Mezcla 2: Mezcla con ligante asfáltico base más la incorporación del 0.5% mejorador de adherencia.

Se moldean los especímenes para realizar el ensayo del test de Lottman con el ligante asfáltico más el 0.5% de mejorador de adherencia, definido en el paso anterior. En la Tabla N° 11 se muestran los valores obtenidos, los cuales corroboran los resultados obtenidos en el paso anterior.

Tipo de Ensayo	Promedio de la Resistencia Seca	Promedio de la Resistencia Húmeda	Cálculo TSR = $\frac{R_H}{R_S} * 100$	MEZCLA 2
	R_S (gr/cm ³)	R_H (gr/cm ³)	%	Con ligante asfáltico sin mejorador de adherencia
Sin Acondicionar	13,7		100	
Acondionadas		12.7	92.7	Con ligante asfáltico + 0,5% de mejorador de adherencia

Tabla N° 11

Mezcla 3: Mezcla con ligante asfáltico base más la incorporación del 0.5% mejorador de adherencia más la incorporación de cal como filler.

En esta mezcla se ve claramente como la incorporación de cal como filler mejoran notablemente la adherencia, obteniéndose valores por encima del 100% del cociente de resistencia a tracción (TSR), los cuales se muestran en la Tabla N° 12

Tipo de Ensayo	Promedio de la Resistencia Seca	Promedio de la Resistencia Húmeda	Cálculo TSR = $\frac{R_H}{R_S} \cdot 100$	MEZCLA 3
	R_S (gr/cm ³)	R_H (gr/cm ³)	%	Con ligante asfáltico sin mejorador de adherencia
Sin Acondicionar	13,7		100	
Acondicionadas		15,7	114,6	Con ligante asfáltico + 0,5% de mejorador de adherencia + cal

Tabla N° 12

Mezcla 4: Mezcla asfáltica patrón con ligante asfáltico modificado con caucho.

En este paso se reemplaza el ligante asfáltico base por el ligante asfáltico modificado con caucho, con el cual se moldean probetas para ser ensayadas sin acondicionar y acondicionadas, como se puede ver en la Tabla N° 13.

Material	Densidad Marshall (g/cm ³)	Vacíos (%)	Estabilidad (Kg)	Fluencia (mm)	VAM (%)	RBV (%)
Mezcla patrón con ligante asfáltico modificado con caucho sin mejorador de adherencia	2,300	5.5	1200	4.2	17	68

Tabla N° 13

En el ensayo Marshall, se obtuvieron densidades de muy bajas valor, comparándolas con las densidades obtenidas con el ligante asfáltico base. Se observa la textura del caucho en la superficie de las probetas, lo que indicaría que parte del caucho no se dispersó totalmente en el ligante asfáltico, por lo tanto se estima que el caucho actúa como carga en la mezcla asfáltica.

En la Tabla N° 14 se pueden observar los resultados obtenidos en el ensayo del test de Lottman.

Tipo de Ensayo	Promedio de la Resistencia Seca	Promedio de la Resistencia Húmeda	Cálculo TSR = $R_H/R_S \cdot 100$	MEZCLA 4
	R_S (gr/cm ³)	R_H (gr/cm ³)	%	Con ligante asfáltico con caucho sin mejorador de adherencia
Sin Acondicionar	11.8		100	Con ligante asfáltico con caucho sin mejorador de adherencia
Acondicionadas		4,7	39.5	Con ligante asfáltico con caucho sin mejorador de adherencia

Tabla N° 14

Como se observa en la Tabla N° 14 los resultados obtenidos están muy por debajo del valor mínimo que exige el test.

Mezcla 5: Mezcla asfáltica con ligante asfáltico modificado con caucho más 0.5% de mejorador de adherencia y la adición de cal como filler.

En la Tabla N° 15 se muestran los valores obtenidos en el test de Lottman en las probetas moldeadas con ligante asfáltico modificado con caucho y mejorador de adherencia.

Tipo de Ensayo	Promedio de la Resistencia Seca	Promedio de la Resistencia Húmeda	Cálculo TSR = $R_H/R_S \cdot 100$	MEZCLA 5
	R_S (gr/cm ³)	R_H (gr/cm ³)	%	Con ligante asfáltico modificado con caucho sin mejorador de adherencia
Sin Acondicionar	11.8		100	Con ligante asfáltico modificado con caucho sin mejorador de adherencia
Acondicionadas		6.1	51.2	Con ligante asfáltico modificado con caucho con 0.5% de mejorador de adherencia y cal

Tabla N° 15

Como se puede observar en la Tabla N° 15 el porcentaje obtenido en este caso no alcanza el valor del 80 % que exige el test como mínimo para su aceptación.

Conclusiones

Como ya se ha probado en anteriores trabajos se debe incorporar mejorador de adherencia a las mezclas asfálticas para que estas tengan una buena repuestas desde este punto de vista. La incorporación de cal mejora notablemente la adherencia.

Cuando le incorporamos caucho al ligante asfáltico base obtenemos densidad Marshall baja, comparándolas con las obtenidas con en ligante asfáltico base sin caucho, esto se puede deber a dos motivos. En principio al rebote que se produce en la compactación de las probetas con este método, el otro motivo es que el caucho no ha sido totalmente dispersado en el ligante asfáltico base, actuando como carga la parte no dispersa en la mezcla asfáltica, esto se puede observar en la testura de las probetas moldeadas con este ligante.

Desde el punto de vista de la adherencia el ligante asfáltico modificado con caucho no mejora la adherencia, ni aun agregándole mejorador de adherencia en los porcentajes que se utiliza en las mezclas asfálticas con ligante asfáltico base, esto se puede deber a como se dijo anteriormente el caucho no ha sido totalmente disperso en el ligante asfáltico base. Por lo que se debe seguir trabajando con este tema, como recomendación para modificar este problema se puede decir que:

1. Utilizar una molienda mayor para obtener un menor tamaño de partícula de caucho, lográndose así una mejor dispersión de estas en el ligante asfáltico base
2. Utilizar siempre cal como filler cuando se emplea este tipo de ligante asfáltico.

7. Bibliografía

- Nueva metodología para la valoración de la adherencia árido ligante. 2005 LEMaC Centro de Investigaciones Viales FRLP UTN Oscar Rebollo y Gerardo Botasso
- Susceptibilidad a la humedad de mezclas asfálticas empleando resistencia a tracción indirecta. Carlos Wahr Daniel y Rodrigo Díaz Flores. Universidad Técnica “Federico Santa Maria” Chile.
- Aditivos Promotores de adhesión. Boletín Técnico. Akzo Nobel.
- The Use of adhesión agents and their effect. A R Woodside and P D MacCool. 4 th Eurobitume Congress, Madrid 1989.

- A laboratory test system for prediction of asphalt concrete moisture damage. R P Lottman, R P Chen, K S Kumar and L W Wolf. TRB Research record.