

**C5-T111**

**NUEVA METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DE  
LA ADHERENCIA ÁRIDO LIGANTE**

**Lic. M. BALIGE<sup>2</sup>**  
**Ing. A. BISSIO<sup>1</sup>**  
**Ing. H.G. BOTASSO<sup>1</sup>**  
**Ing. R.O. GONZÁLEZ<sup>1</sup>**  
**Téc. O. REBOLLO<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Nacional de La Plata

<sup>2</sup>Repsol-YPF

ARGENTINA

## 1.- RESUMEN

La adherencia entre árido y ligante es un tema que preocupa en la durabilidad de las mezclas asfálticas tanto en frío como en caliente.

La falta de adherencia entre el árido y el 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, ya sea, a nivel de superficie de rodadura o favoreciendo el ingreso de los agentes agresivos a las carpetas inferiores del paquete estructural.

Tendiente a mejorar este fenómeno se utilizan productos conocidos como "Aditivos mejoradores de adherencia", éstos productos (tensoactivos), son agentes de superficie, que incorporados al asfalto mejoran la interacción de éste con los áridos.

En el presente trabajo, es la segunda parte del desarrollo que valora la adherencia entre árido y ligante utilizando una metodología que ponen de manifiesto la pérdida de cohesión de las mezclas asfálticas cuando éstas entran en contacto con el agua. Este estudio considerará tres tipos de áridos que son utilizados en la provincia de Buenos Aires, los cuales son: **granito feldespático (predomina color rojo), proveniente de Olavarría provincia de Buenos aires, granito cuarzo-feldespato (predomina color gris), proveniente de Tandil provincia de Buenos aires, granito cuarzo-feldespato (predomina color gris), proveniente de Azul Provincia de Buenos aires**

La mezcla asfáltica adoptada como de referencia para el presente trabajo es del tipo "denso" de uso corriente en nuestra región. Se hace hincapié, en cada uno de los materiales intervinientes; áridos, ligante y mejorador; de modo de conocerlos, tanto en forma individual como desde el punto de vista de la interacción entre los mismos.

## 2.- INTRODUCCIÓN

El tema de la adherencia entre el ligante y el árido es complejo, interviniendo en su estudio un número considerable de variables. 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".

A los fines de analizar la adherencia árido - ligante, existen innumerables métodos en la gran mayoría de ellos la evaluación se efectúa a partir de una valoración visual del desprendimiento también denominado "stripping". Esta valoración se lleva a cabo luego de poner en contacto a la mezcla asfáltica (ó una determinada fracción de la misma) con agua bajo condiciones y tiempo determinadas conforme a cada uno de los métodos particulares.

Estas metodologías poseen algunos aspectos discutibles dentro de los cuales se destacan los relacionados a la representatividad de los mismos en el campo y la subjetividad en la cual podemos caer a la hora de efectuar la valoración. Dentro de estos aspectos podemos mencionar que de producirse el "stripping" el mismo se verificará bajo las siguientes condiciones (las cuales no

se representan con los métodos antes descriptos):será en la capas de material compactado, en servicio, bajo la acción del tránsito y de agentes climáticos, con árido con “cierto grado de suciedad”, polvo adherido, interviniendo en una curva granulométrica (dentro de huso preestablecidos), con ligante en porcentajes óptimos, que garanticen determinadas condiciones de obra, con un grado de compacidad de la capa terminada.

Esto nos lleva a buscar una forma de valorar el fenómeno a través de otro tipo de ensayos o metodologías que, en principio, pongan en evidencia uno de los principales problemas a los cuales conduce una inadecuada adherencia entre árido y ligante, al menos desde el punto de vista estructural, que permita valorar la pérdida de cohesión interna con la posterior disminución de la capacidad portante de las mismas.

El otro gran inconveniente, vinculado con problemas superficiales, lo constituyen los desprendimientos originados por una mala afinidad entre el betún constituyente de la mezcla asfáltica y los áridos que conforman el esqueleto granular.

En adelante nos orientaremos al análisis de la pérdida de cohesión de las mezclas asfálticas originadas por el contacto de las mismas con agua como así también la sensibilidad de éste último fenómeno frente a la dosis de un aditivo mejorador de adherencia.

Por último también se evaluarán el ligante original y los dosificados con los distintos contenidos de mejorador de adherencia. Para ello haremos uso no solo de los ensayos convencionales sino que incluiremos además algunos parámetros relacionados con el comportamiento reológico de los betunes.

### 3.- MATERIALES

#### 3.1.- Ligante asfáltico

Para la elección del ligante, se optó por uno de los de mayor consumo a nivel nacional, el cemento asfáltico CA-30. La caracterización del mismo conforme a la Normativa Argentina IRAM 6604 – Asfaltos para uso vial (Clasificación por viscosidad) se resume en la tabla 1, mientras que en la tabla 2 se puede observar una composición típica para este tipo de asfalto.

Ensayo	Método	Asfalto AC-30
<b>Producto original</b>		
Viscosidad 60 °C , 1 rpm, S29, (P )	IRAM 6836	2940
Punto de ablandamiento (°C )	IRAM 115	52

Índice de Penetración	IRAM 6604	-0.6
Viscosidad 135 °C , 10 rpm, S21, (P )	IRAM 6836	4,9
Oliensis	IRAM 6594	negativo
<b>Sobre el residuo de RTFOT</b>		<b>IRAM 6839</b>
Indice de durabilidad	5.3	2
Ductilidad a 25 °C, 5 cm / min., (cm)	IRAM 6579	> 100

**Tabla 1**

	Asfaltenos	Saturados	N - A	P - A
<b>Base asfáltica</b>	<b>5,7</b>	<b>26,5</b>	<b>57,7</b>	<b>10,1</b>

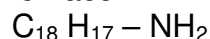
**Tabla 2**

### 3.2.- Aditivo mejorador de adherencia

Estos productos (tensoactivos), son agentes de superficie, que incorporados al ligante mejoran la adherencia orientando las moléculas más polares del ligante 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

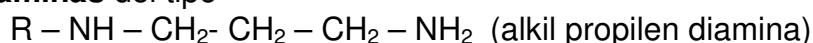
Los mejoradores más eficaces son, por regla general, mejoradores aminados, (excepto frente a los agregados calcáreos). Se presentan a continuación una enumeración de los mismos:

- **Monoaminas grasas:** tales como la estearilamina, obtenidas a partir de sebo y amoníaco.



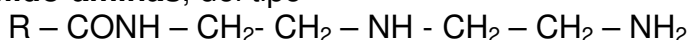
Es indispensable que la cadena hidrocarbonada de la amina grasa sea lo suficientemente larga, a fin de ser prácticamente insoluble en agua; las monoaminas son bases débiles, bastante poco estable y de fácil destrucción por el calor. Reemplazándolas por productos de mayor complejidad se salvaría dicho problema.

- **Diaminas** del tipo



Pueden obtenerse a partir de grasas animales o vegetales, de amoníaco y de acrilonitrilo.

- **Amido-aminas**, del tipo



Estos productos se obtienen por condensación de la dictilentriamina (obtenida a partir del acetileno) con un ácido graso.

En esta ocasión se utilizó un mejorador de adherencia del tipo amínico cuyas características principales se resumen en la tabla N°3,.

	Viscosidad a 20°C (cP)	Punto de Fluidez (°C)	Densidad a 20 °C (g/cm3)	Pto. Inflamación (°C)
<b>Aditivo</b>	<b>1250</b>	<b>&lt;-5</b>	<b>1.01</b>	<b>&gt; 200</b>
<b>Contenido de materia activa:</b>				<b>125 mg HCl /</b>
				<b>g.</b>

**Tabla 3**

El fabricante recomienda la utilización de mejorador entre 0.25 y 1% con respecto al peso del cemento asfáltico utilizado, pudiendo ser incorporado con agitación mecánica. Por su contenido de aminas resulta ser un material corrosivo por lo que hay que leer claramente las medidas de protección en los envases.

La viscosidad del mejorador varia según la temperatura alcanzando valores de 100 cp, a temperaturas de 50 °C

Respecto de este tipo de componentes es muy importante considerar el contenido de materia activa que poseen dado que este parámetro esta estrechamente relacionado con la eficiencia del mejorador de adherencia. Contenidos de materia activa muy bajos pueden conducir a dosis de aditivo mejorador de adherencia relativamente altas lo cual, como veremos más adelante, podrían llegar a afectar la performance del ligante sobre todo en aspectos relacionados con altas temperaturas (deformaciones permanentes).

Un parámetro adecuado para determinar el contenido de materia activa es el constituido por el número de aminas totales. El aditivo empleado presentó un valor de 125 mg HCl / g.

Es por esta razón que se recomienda utilizar marcas reconocidas y con un adecuado control de calidad, fundamentalmente en el valor citado de materia activa, que no presente dispersiones y se garantice un valor homogéneo.

### 3.3.- Áridos

El tipo de árido que se utilizó en esta etapa del trabajo se trató de, un agregado granítico gris cuarzo-feldespático, de Tandil, un agregado granítico rojo feldespático, de Olavaria, y de un agregado granítico de la cantera de Azul

El motivo de la elección obedece al gran uso que se le da este tipo de agregados. Los áridos provienen de distintas canteras de la provincia. Se complementa esta última información con un análisis petrográfico y composicional del árido en cuestión.

3.3.1- Árido granítico Gris proveniente de la Cantera Pigüe, Tandil, Provincia de Buenos Aires. **A1.**

<b>ARIDO GRUESO</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.70
Absorción (%)	0,4
Desgaste Los Angeles (%)	20
Índice de lajas	25
Índice de agujas	11
Partículas con dos ó más caras de fractura	100

**Tabla 4**

<b>ARIDO FINO</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.66
Equivalente de arena (%)	65

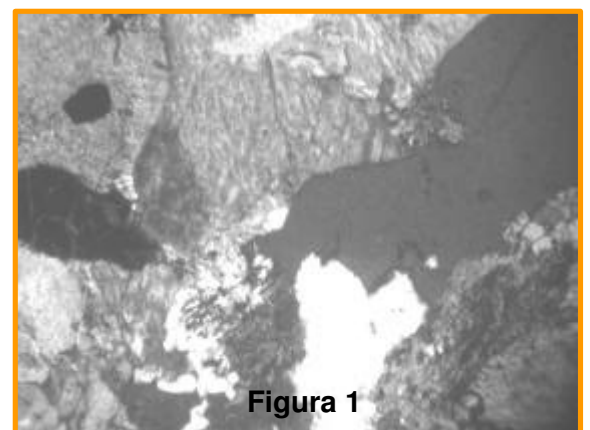
**Tabla 5**

La información correspondiente a la tabla 6 se obtuvo mediante la utilización de Petrofotografía de polarización standard en cortes delgados.

<b>Muestra</b>	<b>Cuarzo %</b>	<b>Fled. potásico %</b>	<b>Plagioclasa %</b>	<b>Otros %</b>	<b>Clasificación</b>
Granito gris	47.4	40.5	8.1	4	Granito cuarzo-feldespático

**Tabla 6**

Microfotografía con nicoles cruzados x 4. Se observa a demás de cuarzo y fedelpasto en forma mayoritaria, presencia de homblenda (anfíbol) y bionita en coloraciones verdosas



**Figura 1**

3.3.2- Árido granítico rojo proveniente de la Cantera Argentinas, Olavarria, Provincia de Buenos Aires. **A 2.**

<b>ARIDO GRUESO</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.62
Absorción (%)	0,6
Desgaste Los Ángeles (%)	24
Índice de lajas	24
Índice de agujas	23
Partículas con dos ó más caras de fractura	100

**Tabla 7**

<b>ARIDO FINO</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.61
Equivalente de arena (%)	65

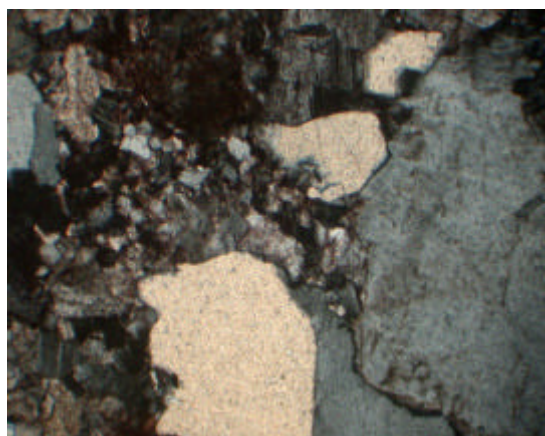
**Tabla 8**

La información correspondiente a la tabla 9 se obtuvo mediante la utilización de Petrofotografía de polarización standard en cortes delgados

<b>Muestra</b>	<b>Cuarzo</b>	<b>Fled. potásico</b>	<b>Plagioclasa</b>	<b>Otros</b>	<b>Clasificación</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	
Granito rojo	43.3	41	10.7	5	Granito feldespático

**Tabla 9**

Micrografía con nicoles cruzados x 4. Se observa cuarzo mono y policristalino ( en forma de pavimento disseminado); cristales de feldepasto potásico (microclino) de coloración grisácea muy uniforme, con cierto grado de alteración; cristal de plagioclasa en la parte superior de la foto



**Figura 2**

La presencia de agua posibilita la alteración en grado significativo en los feldespatos. Este efecto de meteorización química (denominado hidrólisis) comúnmente altera al feldespato potásico a argilominerales (denominado caolinita) en presencia de aguas (meteóricas de lluvia a bien subsuperficiales). Esto parece justificar la mayor dificultad de recubrir que se experimenta en estos áridos, en donde el mojado de la superficie por parte de ligante es mas dificultoso

3.3.3- Árido granítico gris proveniente de la Cantera Marengo, Azul, Provincia de Buenos Aires. **A 3**

ARIDO GRUESO	
Parámetro	Valor
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.65
Absorción (%)	0,5
Desgaste Los Ángeles (%)	22
Índice de lajas	25
Índice de agujas	24
Partículas con dos ó más caras de fractura	100

**Tabla 10**

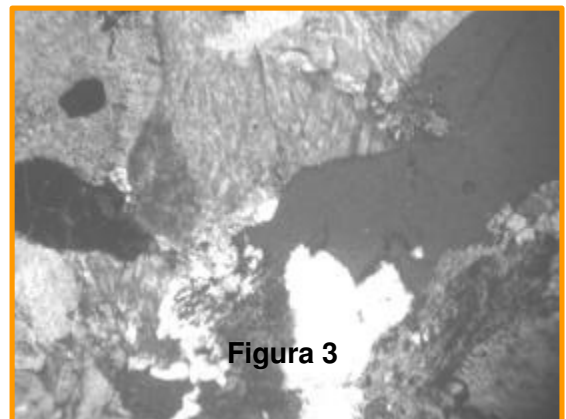


ARIDO FINO	
Parámetro	Valor
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.64
Equivalente de arena (%)	68

**Tabla 11**

Muestra	Cuarzo %	Feld. potásico %	Plagioclasa %	Otros %	Clasificación
Granito					Granito feldespático

**Tabla 12**



**Figura 3**

#### **4.- PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS**

##### *4.1.- Asfaltos con mejorador de adherencia*

Se utilizó en el trabajo el ligante descrito. Las dosis de mejorador utilizadas fueron de 0.3; 0.5 y 0.7 % respecto del peso del asfalto base; mientras que el cuarto ligante consistió en el uso del asfalto base sin la aditivación del mejorador de adherencia.

La aditivación se efectuó a una temperatura de 150 °C utilizando una agitación de 500 rpm durante un período de 15 minutos.

##### *4.2.- Mezcla asfáltica*

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

El huso granulométrico de referencia se observa en la tabla 13, mientras que en la tabla 14 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 % respecto del total de la muestra utilizando para la dosificación una energía de compactación de 50 golpes por cara. Esto se realizó para los tres áridos en estudio, verificándose que el porcentaje de asfalto de diseño era el mismo. Los valores del Marshall se encuentran en la tabla 15.

Las propiedades principales se resumen a continuación:

**Límites mezcla asfáltica densa**

<b>Huso Granulométrico</b>		
	<b>% pasa</b>	
<b>Tamiz</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
1´	100	100
¾´	100	100
½´	85	100
4	53	80
10	35	60
40	20	40
80	10	30
200	3	10

**Tabla 13**

**Mezcla Densa LEMaC**

<b>Tamiz</b>	<b>% pasa</b>
1´	100
¾´	100
½´	92.5
4	66.5
10	47.5
40	30.0
80	20.0
200	6.5

**Tabla 14**

Se utiliza en cemento asfáltico base para obtener los valores de referencia.

<b>Material</b>	<b>Densidad Vacios</b>		<b>Estabilidad</b>	<b>Fluencia (mm)</b>	<b>VAM (%)</b>	<b>RBV (%)</b>
	<b>Marshall (g/cm3)</b>	<b>Marshall (%)</b>				
<b>A1</b>	<b>2.363</b>	<b>4.1</b>	<b>1012</b>	<b>3.2</b>	<b>14</b>	<b>83</b>
<b>A2</b>	<b>2.310</b>	<b>4.8</b>	<b>760</b>	<b>2.4</b>	<b>15</b>	<b>76</b>
<b>A3</b>	<b>2.353</b>	<b>4.2</b>	<b>890</b>	<b>2.9</b>	<b>14</b>	<b>83</b>

**Tabla 15**

**Nota importante 1:** Las fracciones de la curva granulométricas fueron compuestas tamiz por tamiz. De forma que la curva fue lo mas homogénea para cada uno de los moldeos. Para todos los moldeos el valor en cada serie de

tamices ha sido el mismo. De esta forma la incidencia de este parámetro dentro del fenómeno de la adherencia ha quedado limitado como una constante

**Nota importante 2:** Para las mezclas realizadas con cementos asfálticos con adición de 0,3 %, 0,5% y 0,7 % de mejorador de adherencia se registraron valores en la sistemática Marshall muy similares a los del asfalto base, siendo las variaciones observadas propias de la metodología, no siguiendo una variación o tendencia que valga la pena señalar.

	% de Material mejorador adheren.	Densidad Marshall (%)	Vacios Marshall (%)	Estabilidad (Kg)	Fluencia (mm)
<b>A1</b>	<b>0.3</b>	<b>2.362</b>	<b>4.2</b>	<b>1022</b>	<b>3.1</b>
	<b>0.5</b>	<b>2.363</b>	<b>4.1</b>	<b>1010</b>	<b>3.3</b>
	<b>0.7</b>	<b>2.361</b>	<b>4.3</b>	<b>1050</b>	<b>3.2</b>
<b>A2</b>	<b>0.3</b>	<b>2.312</b>	<b>4.5</b>	<b>810</b>	<b>2.3</b>
	<b>0.5</b>	<b>2.309</b>	<b>4.2</b>	<b>790</b>	<b>2.4</b>
	<b>0.7</b>	<b>2.304</b>	<b>4.4</b>	<b>780</b>	<b>2.6</b>
<b>A3</b>	<b>0.3</b>	<b>2.354</b>	<b>4.1</b>	<b>914</b>	<b>3.0</b>
	<b>0.5</b>	<b>2.360</b>	<b>4.4</b>	<b>884</b>	<b>2.8</b>
	<b>0.7</b>	<b>2.354</b>	<b>4.2</b>	<b>904</b>	<b>3.0</b>

**Tabla 16**

## **5.- LA TRACCIÓN INDIRECTA Y EL TEST DE LOTTMAN**

En la siguiente etapa del trabajo se evalúan aspectos relacionados a la susceptibilidad de la mezcla asfáltica frente a la presencia de agua.

La pérdida de cohesión con la consiguiente disminución de la capacidad portante de la misma, por acción del agua, es el eje de la evaluación. Con tal motivo se procedió a evaluar la resistencia de la mezcla compactada en su estado “seco” como así también luego de un determinado período de inmersión en agua, de modo de cuantificar desde este punto de vista los efectos producidos.

Es conocido que para esto casos el test del hervido (ASTM 3625) resulta ser una herramienta de aproximación en la valoración de las mejoras producidas por el mejorador de adherencia amínico. El ensayo ASSHTO T 283, conocido como Lottman, es un ensayo que se ajusta mas a las condiciones de obra cuantificando la adhesividad. El mismo ha permitido determinar la resistencia a la tracción de los especímenes, midiendo la pérdida de cohesión de una mezcla compactada como resultado de los efectos de la saturación acelerada en agua, permitiendo medir la resistencia de la mezcla en conjunto.

El procedimiento consta de los siguientes pasos : Tres (3) ejemplares deben ser ensayados en seco y los restantes se ensayaran luego de la saturación parcial y en condiciones húmedas. El subgrupo seco se almacenara a

temperatura ambiente hasta el ensayo. Estos especímenes deben envolverse en plástico o bien en bolsas resistentes impermeables. Los mismos se colocaran en un baño de agua a 25 °C por un mínimo de 2 horas para luego ser ensayados

El subgrupo restante se acondicionara de la siguiente manera:

- Se colocan las probetas dentro del recipiente de vacío apoyado sobre los espaciadores.



- Se llena el recipiente de vacío con agua destilada a temperatura ambiente de manera que los especímenes tengan , al menos, 25 mm de agua sobre su superficie
- Se aplica vacío de 13-67 KPa de presión absoluta durante 5 a 10 minutos. El operador deberá controlar el barómetro constantemente a los efectos de no superar los valores indicados
- Eliminar el vacío y dejar a las probetas sumergidas otros 5 a 10 minutos



Se debe determinar el peso específico de las muestras según la norma AASHTO T166 ( peso específico de mezclas bituminosas compactadas).

Los especímenes saturados deben ser comparados con los del subgrupo seco para determinar el volumen de agua absorbido. Con este dato y el volumen de vacíos ( determinado según norma ASSHTO T 269) se determina el grado de saturación. Si el volumen de agua esta comprendido entre el 55 % y el 80 % (\*), los especímenes están aptos para continuar con el ensayo. Si es menor al 55 %, se deberá repetir el ensayo utilizando mas vacío y/o mas tiempo. Si supera el 80 % se considerara que el espécimen en ensayo esta dañado y deberá ser descartado.

Una vez que se cuenta con el subgrupo (\*) se prosigue con los pasos del acondicionamiento:

- Se cubren los especímenes con un film plástico y cada uno de ellos en una bolsa plástica de dimensiones acordes, que contendrá 10 ml de agua.
- La misma se colocará en freezer a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante un mínimo de 16 h.
- Luego del proceso de congelación se colocaran las probetas de ensayo en un baño a  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por espacio de  $24\text{ h} \pm 1\text{ h}$ .
- A continuación se los colocara en otro baño a  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 2 h agregando hielo al agua , de ser necesario, para lograr mantener la temperatura indicada.

El siguiente paso será ensayar los especímenes. Se debe determinar el esfuerzo de tracción indirecta de ambas muestras ( seca y acondicionada ) respetando las regla de la norma ASSTHO T 283-89

Los índices numéricos obtenidos, se computan como datos del ensayo



obtenido de los dos subconjuntos: seco y acondicionado

$$\text{TSR} = ( R_h / R_s ) * 100 \geq 80 \%$$

$R_s$  = promedio de la resistencia seca

$R_h$  = promedio de la resistencia húmeda

Con los datos obtenidos del ensayo, se procede al calculo a tracción indirecta mediante la siguiente expresión :

$$T = Q / (H * D * \pi)$$

Donde :

$T$  = resistencia a la tracción indirecta [ Kg / cm<sup>2</sup> ]

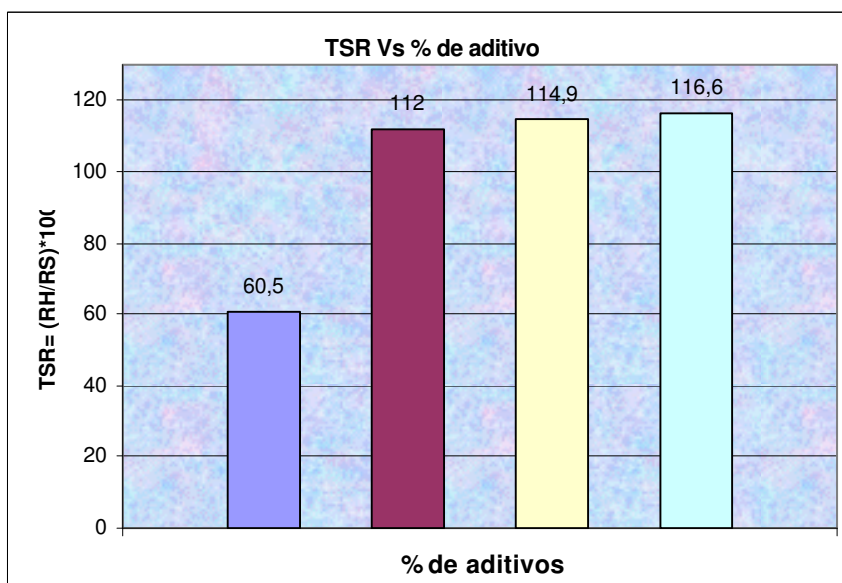
$Q$  = carga de falla de la probeta

$H$  = altura de la probeta [ mm ]

$D$  = diámetro de la probeta [ mm ]

## **6. DETERMINACIONES SOBRE LOS ÁRIDOS**

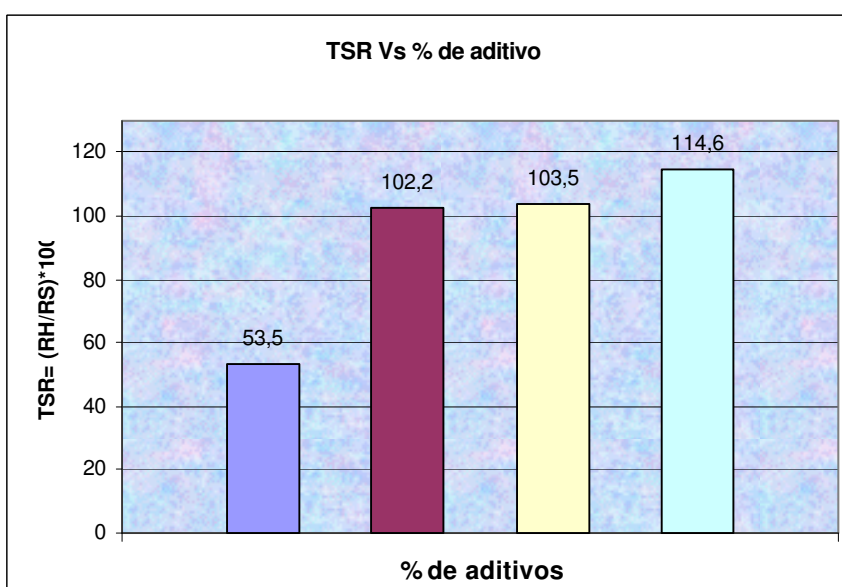
6.1. Árido granítico Gris proveniente de la Cantera Pigüe, Tandil, Provincia de Buenos Aires. A1.



**Gráfico 1**

Se observa en el gráfico claramente, que el asfalto sin aditivar no cumple con las exigencias del método. La presencia del mejorador de adherencia, comienza a hacerse muy notoria para contenidos de aditivo del orden del 0,3 %, aumentado la adherencia a medida que aumentamos el aditivo.

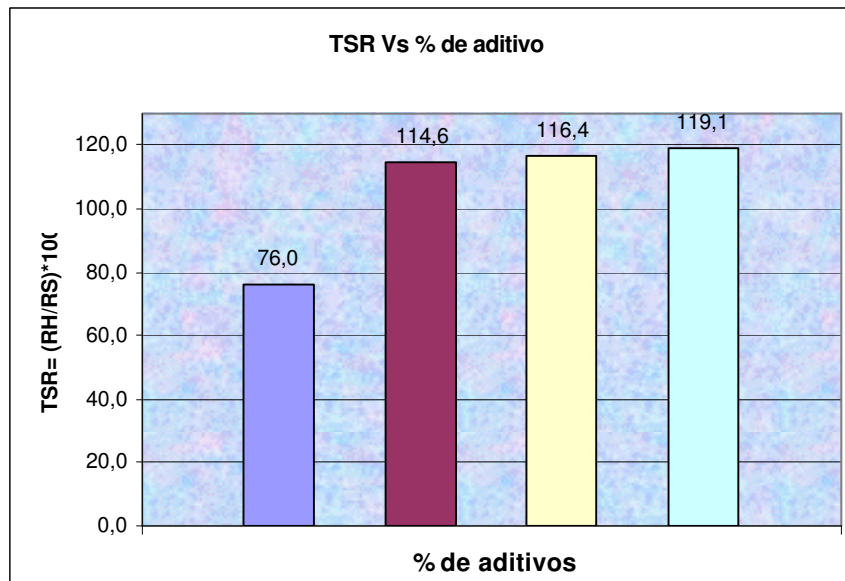
6.2. Árido granítico rojo, proveniente de la Cantera Argentinas, Olavarria, Provincia de Buenos Aires. A 2.



**Gráfico 2**

Como con el árido anterior se observa en el grafico, que el asfalto sin aditivar no cumple con las exigencias del método, a demás esta por debajo del valor obtenido con el árido denominado Gris . La presencia del mejorador de adherencia, comienza a hacerse notoria para contenidos de aditivo del orden del 0,3 %.

6.3. - Árido granítico gris proveniente de la Cantera Marengo, Azul, Provincia de Buenos Aires. **A 3**



**Gráfico 3**

Como con en los anteriores casos, se observa en el gráfico, que el asfalto sin aditivar no cumple con las exigencias del método, pero por muy poco porcentaje, por lo que la presencia del mejorador de adherencia, comienza a hacerse muy notoria para contenidos de aditivo del orden del 0,3 %, aumentando considerablemente la adherencia a medida que aumentamos el porcentaje aditivo.

## 6.- CONSIDERACIÓN FINALES

- 6.1 El objetivo principal de este trabajo fue buscar una metodología que pusiera de manifiesto en forma clara los fenómenos de adherencia árido-ligante en las mezclas asfálticas considerando las condiciones de borde de cada problema en particular tales como tipo de ligante, tipo de árido y naturaleza del aditivo mejorador de adherencia.
- 6.2 Se recomienda para ello utilizar una **mezcla asfáltica densa normalizada** como la expuesta, siendo muy cuidadosos en la confección de la misma para que siempre existan la misma cantidad de finos y de gruesos para que el rendimiento del ligante, el mejorador y del mastic en sí sea el mismo.



- 6.3 Es adecuado realizar una completa caracterización del árido. La caracterización mineralógica es una herramienta central, a la hora de ver su carácter ácido o básico. La expresión de los diferentes minerales orientará el uso del tipo de aditivo a utilizar. En el caso del granito rojo podemos ver que la presencia de agua posibilita la alteración en grado significativo en los feldespatos. Este efecto de meteorización química (denominado hidrólisis) comúnmente altera al feldespato potásico a argilominerales (denominado caolinita) en presencia de aguas (meteóricas de lluvia a bien subsuperficiales). Esto parece justificar la mayor dificultad de recubrir que se experimenta en estos áridos, en donde el mojado de la superficie por parte de ligante es más difícil.
- 6.4 Es importante también una adecuada caracterización del mejorador de adherencia viendo a qué familia pertenece y fundamentalmente estableciendo el contenido de materia activa del mismo, ya que a la homogeneidad de este parámetro estará asociada la eficiencia del mismo.
- 6.5 Se ve que el ensayo de tracción indirecta, encuadrado en el test de LOTTMAN pone de manifiesto la evolución de los valores de adherencia asociados a la saturación de los vacíos por agua y en las condiciones de ciclos térmicos especificados.
- 6.6 En este caso particular se han muestreado tres tipos de granitos, de canteras típicas de la provincia de Buenos Aires, incluyendo uno de los más conflictivos desde el punto de vista de la adherencia como lo es el granito rojo.
- 6.7 El método descrito parece ser una medida precisa del fenómeno de adherencia árido- ligante cuando se limitan en forma adecuada la curva de las mezclas asfálticas, el tipo y calidad de mejorador, y la adecuada caracterización de los áridos .

## **7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- Susceptibilidad a la humedad de mezclas asfálticas empleando resistencia a tracción indirecta. Carlos Wahr Daniel y Rodrigo Díaz Flores. Universidad Técnica "Federico Santa María" Chile.
- Aditivos Promotores de adhesión. Boletín Técnico. Akzo Nobel.
- The Use of adhesion 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.