

# **SOLUCIÓN CON GEOSINTÉTICOS PARA IMPEDIR EL REFLEJO DE LAS JUNTAS DE BASE A UNA MEZCLA ASFÁLTICA DE REFUERZO EN EL ENSANCHE DE UNA AVENIDA URBANA**

38-08-13

Fensel, Enrique Alberto  
LEMaC: Centro de Investigaciones Viales  
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata  
La Plata, Argentina  
efensel@frlp.utn.edu.ar

Ricci, Luis Agustín; Botasso, Hugo Gerardo; Delbono, Héctor Luis  
Docentes Investigadores del  
LEMaC: Centro de Investigaciones Viales  
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata  
La Plata, Buenos Aires, Argentina  
lemac@frlp.utn.edu.ar

## **Resumen**

Al plantearse un ensanche en una vía urbana de alto tránsito se propuso como solución interponer un producto capaz de absorber posibles movimientos diferenciales en esa junta constructiva, para ello se propuso la utilización de un material Geocompuesto de fabricación nacional.

Para equiparar paquetes estructurales el proyecto del ensanche contempló la ejecución de una base de hormigón (como base comparativa a la base de adoquinado o granitullo existente), al pavimento asfáltico existente se le realizó un fresado para luego colocar un producto Geocompuesto capaz de retardar el reflejo de la junta constructiva en la nueva carpeta de rodamiento asfáltica colocada para homogeneizar niveles de superficies de calzada.

Se realizaron valoraciones en laboratorio previas a la ejecución de la obra para predecir el comportamiento del Geocompuesto como parte componente del paquete estructural del ensanche, se valoraron los aspectos que se consideran fundamentales para el adecuado comportamiento del sistema de capas del pavimento:

- a) Caracterización del Geocompuesto
- b) La adherencia en la interfase
- c) La eficiencia en el retardo de las fisuras

Durante el proceso constructivo se llevaron a cabo controles sobre los materiales y los procesos de ejecución. Finalizada la obra, se extrajeron testigos, en zonas con y sin la aplicación del Geocompuesto, a los que se le efectuaron determinaciones de adherencia LCB, y a sus partes componentes se le determinaron espesores, densidades aparentes para la mezcla asfáltica y resistencia a compresión simple para los de hormigón.

El tramo de vía estudiado en el presente trabajo será auscultado a lo largo del tiempo, con el objeto de conocer el comportamiento real del refuerzo y luego ser comparado con el comportamiento predicho mediante el ensayo de flexión con cargas repetidas.

## **Resumo**

Ao considerar uma expansão para uma estrada de alto tráfego urbano foi proposto como solução interpor um produto capaz de absorver quaisquer movimentos diferenciais na junta de construção, para que se propõe a utilização de um material Geocomposite fabrico doméstico.

Para combinar com pacotes estruturais do projeto ampliação contemplou a execução de uma base de concreto (como base de comparação para a base granitullo calçada ou já existente), a fresagem do pavimento de asfalto existente foi realizada e, em seguida, colocar um produto capaz de retardar a reflexão Geocomposite conselho construtivo tendo a nova pasta para homogeneizar colocados asfalto níveis de superfícies de estrada.

Avaliações laboratoriais foram realizados antes da execução do trabalho para prever o comportamento do geocomposto como parte integrante do pacote de ampliação estrutural é valorizado aspectos que são considerados fundamentais para o bom desempenho do sistema de camada de pavimento:

- a) Caracterização de Geocomposite
- b) A aderência na interface
- c) A eficiência no atraso das fissuras

Durante o processo de construção foram realizados controlos de materiais e processos de execução. Depois o concluyo o trabalho, testemunhas extraídos em áreas com e sem a aplicação do geocomposto, a qual é feita de LCB determinações de adesão e dos seus componentes é determinado espessuras, densidades a granel para a mistura de asfalto e de resistência à compressão aos o concreto.

A secção de pista, estudados neste trabalho, será Auscultava ao longo do tempo, a fim de conhecer o comportamento real do reforço e, em seguida, ser comparado com o comportamento previsto por ensaio de flexão com as cargas utilizadas.

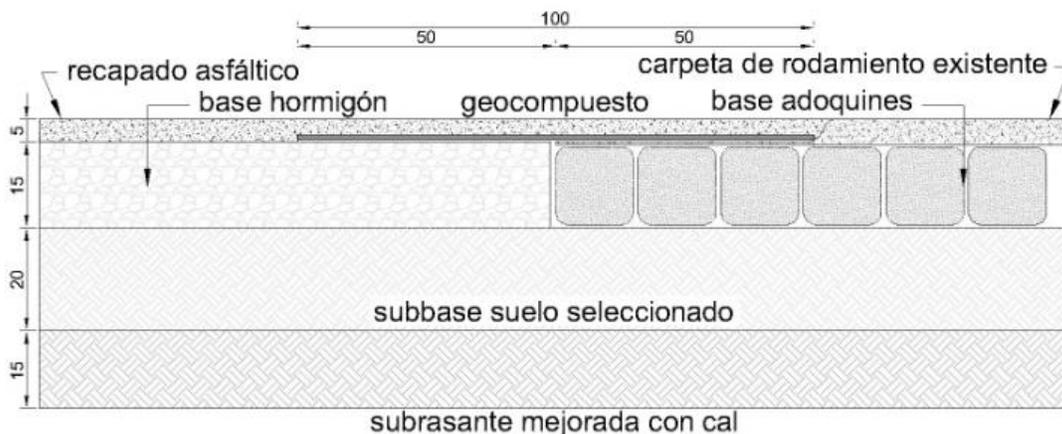
## **INTRODUCCION**

El LEMaC: Centro de Investigaciones Viales de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata; desde hace mas de 10 años viene recorriendo el camino de la investigación referido a la incorporación de los productos Geosintéticos, especialmente aplicados a las obras viales. En esta oportunidad se presenta una aplicación sobre la obra referida al ensanche de una avenida urbana en el cual se empleó un Geocompuesto para impedir el reflejo de las juntas del pavimento antiguo al pavimento nuevo. La obra ha sido ejecutada durante los primeros meses del año 2012, efectuando valoraciones previas en laboratorio, realizando predicciones con modelos dinámicos, efectuando comprobaciones posteriores sobre núcleos calados del pavimento, planteándose el seguimiento del comportamiento en campo a futuro.

## **DESCRIPCIÓN DE LA OBRA**

Debido al importante crecimiento del flujo vehicular en los últimos años en el Partido de La Plata, se ha hecho necesario que ciertas avenidas sean ensanchadas para brindar mayor capacidad y fluidez en el tránsito. La avenida 60 es una arteria que no escapa a tal circunstancia y por tal motivo se ha decidido su ensanche en el tramo comprendido entre la Avenida 7 (Plaza Rocha) hasta la Avenida 13 (Plaza Máximo Paz). La obra consiste en la ampliación de las vías de circulación vehicular en un ancho de 2 metros, quedando dos calzadas de 8 metros entre cordones separadas por un cantero central de 4 metros.

El paquete estructural del pavimento existente está constituido por un antiguo pavimento adoquinado o granitullo sobre el cual existe una carpeta de rodamiento de mezcla asfáltica. Para equiparar paquetes estructurales el proyecto del ensanche contempló la ejecución de una base de hormigón (concreto hidráulico de cemento Portland), en comparación con el pavimento adoquinado, sobre la cual se ejecutó una carpeta de rodamiento de mezcla asfáltica de 5 cm de espesor para homogeneizar niveles de superficies de calzada con el pavimento existente. En primera instancia se detectó que para salvar la junta de unión entre el pavimento de adoquines de base y la base de ensanche de hormigón, sería necesario interponer un producto capaz de absorber posibles movimientos diferenciales de esa junta constructiva. La solución encontrada a tal efecto ha sido fresar 50 cm de ancho de la mezcla asfáltica existente sobre los adoquines, y colocar un producto Geocompuesto en un ancho de 100 cm, 50 cm a cada lado de la junta constructiva, con objeto de retardar el reflejo de la junta constructiva a la nueva carpeta de rodamiento asfáltica (Figura 1). Previa a la aplicación del Geocompuesto se aplicó un riego de imprimación a una tasa de  $0,90 \text{ l/m}^2$ . Luego de la aplicación del Geocompuesto se administró un riego de liga a razón de  $0,50 \text{ l/m}^2$ , sobre el cual se ejecutó la carpeta de rodamiento de mezcla asfáltica en caliente. En conjunto con el ensanche la obra contempló diversos ítems conexos complementarios, los cuales no fueron motivo de estudio del presente artículo, como ser: demarcación horizontal, señalización vertical, semaforización, rampas para discapacitados, e iluminación.



**Figura 1: Paquete estructural con el ensanche previsto.**

## VALORACIONES EN LABORATORIO

Previo a la ejecución de la obra y con motivo de conocer el comportamiento del Geocompuesto como parte componente del paquete estructural del ensanche, se decidió valorar los aspectos que se consideran fundamentales para el adecuado comportamiento del sistema de capas del pavimento:

- a) Caracterización del Geocompuesto

Para esta etapa se valoraron las propiedades físicas y mecánicas, comparándolo con las Exigencias emanadas del Pliego de Bases y Condiciones de la obra.

- b) La adherencia en la interfase, donde se aplica el Geocompuesto u otros elementos como S.A.M.I. (Stress Absorber Membrane Interlayer)

Para valorar esta propiedad se ha empleado el Ensayo de adherencia LCB (Laboratorio de Caminos de Barcelona) el cual evalúa, mediante un esfuerzo cortante, la adherencia que se desarrolla en la interfase de unión de las capas del pavimento.

c) La eficiencia en el retardo de las fisuras.

En este caso, donde existe un sustrato rígido de hormigón, la experiencia del LEMaC ha sido satisfactoria considerando la aplicación del modelo: Ensayo de Flexión con cargas repetidas, mediante la adaptación del equipo de Módulo de Rigidez.

## Caracterización del Geocompuesto

El Geocompuesto empleado está conformado por una membrana asfáltica modificada con polímero, la cual en su proceso de fabricación se adhiere a un Geotextil tejido de polipropileno. La caracterización del producto empleado, según la normativa vigente en Argentina, arrojó los siguientes resultados:

- Masa por unidad de área (Norma IRAM 78002):  
2019 g/m<sup>2</sup> (sin film protector)  
2107 g/m<sup>2</sup> (con film protector)  
Exigencia del Pliego > 2000 g/m<sup>2</sup>
- Espesor a presiones prefijadas, a 2 kPa (Norma IRAM 78004):  
2,7 mm. Exigencia del Pliego > 2,00 mm.
- Resistencia a la tracción, con probetas anchas (Norma IRAM 78012):  
En dirección paralela al sentido de fabricación:  
Resistencia: 65,8 kN/m - Deformación: 19,8 %.  
En dirección perpendicular al sentido de fabricación:  
Resistencia: 78,1 kN/m - Deformación: 25,3 %.  
Exigencia del Pliego: Resistencia: > 40 kN/m - Deformación: < 30 %.
- Resistencia a penetración estática (Norma IRAM 78011):  
8,6 kN (cara Geotextil) y 8,6 kN (cara Asfalto).  
Exigencia del Pliego > 7,0 kN.

## Ensayo de adherencia LCB

Este ensayo somete a testigos o probetas confeccionadas en laboratorio a un esfuerzo de corte por flexión y permite valorar la tensión de adherencia que se genera en el plano de discontinuidad. A tal efecto se confeccionan probetas de 10,1 cm de diámetro con el paquete estructural a evaluar. Para este caso en particular se han confeccionado las probetas según el paquete estructural diseñado constituidas por: una capa de hormigón elaborado ad-hoc de 3 cm de espesor, un riego de imprimación de 0,90 l/m<sup>2</sup> de dotación, el Geocompuesto, un segundo riego de liga de 0,50 l/m<sup>2</sup> de dotación y la capa de mezcla asfáltica en caliente. Los ensayos fueron realizados a una temperatura de 25°C y los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1: Resumen Ensayo de adherencia LCB**

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Δ (mm)	τ (kg/cm <sup>2</sup> )
Promedio con Geocompuesto	83,3	100,79	2,28	1,21

Promedio sin Geocompuesto	83,3	7,03	0,00	0,09
---------------------------	------	------	------	------

Donde:

$\Delta$  = deslizamiento entre los planos de la interfase

$\tau$  = tensión de adherencia en el plano de la interfase

### Ensayo de Flexión con Cargas Repetidas

Para estas determinaciones se adapta el equipo de Módulo de Rigidez descrito en la Norma UNE EN 12697-26, el cual permite que la carga sea aplicada con distintas frecuencias de repetición. El equipo empleado consta de un actuador neumático, que posibilita la variación de cargas en un rango de 0 a 500 kg, y a diversas frecuencias, desde 0,2 Hz a 20 Hz. Todo el equipo se encuentra en una cámara en donde se mantiene constante la temperatura, la cual se puede configurar en un rango que varía entre 5 y 40 °C, de esta manera se pueden eliminar las diferencias de comportamiento por susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica.

Se ha adaptado el instrumental de laboratorio para ejercer una carga linealmente distribuida sobre una viga simplemente apoyada. De esta manera el espécimen ensayado es sometido a flexión por cargas repetidas, generándose tracciones en su fibra inferior. En este caso, y luego de plantear distintos tipos de configuraciones, se ha desarrollado el ensayo con las siguientes condiciones de borde:

Carga Máxima	P = 400 kg
Frecuencia F =	0,5 Hz (Según curva de carga y descarga planteado en la Norma UNE EN 12697-26)
Temperatura	T = 25 °C ± 0.5 °C
Distancia entre apoyos	D = 250 mm.

Se confeccionaron series de probetas según el paquete estructural indicado. Siendo en este caso prismáticas con un ancho y largo de las probetas de 100 mm y 300 mm respectivamente. Las probetas se ubican sobre dos apoyos móviles en los extremos, materializados por barras de acero de 20 mm de diámetro. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2.

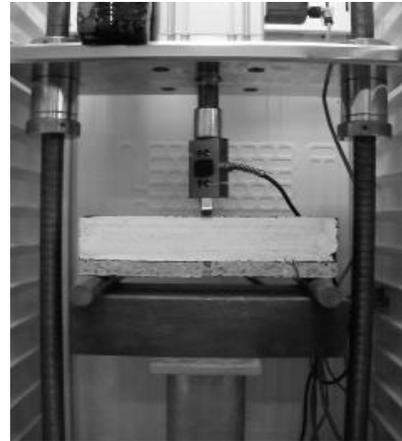
**Tabla 2: Resumen de resultados Ensayo de Flexión con cargas repetidas.**

Probeta	Temperatura de Ensayo (°C)	Ciclos de Aparición de la Fisura (n°)	Ciclos de Propagación (n°)
Promedio sin Geocompuesto	25	9	15
Promedio con Geocompuesto	25	32	120

En otros trabajos de investigación realizados por el LEMaC, se han analizado paquetes estructurales similares al propuesto pero con la aplicación de otros materiales que cumplen con las mismas funciones que el Geocompuesto. En estos casos la aparición de la primera fisura se ha dado en un número de 9 ciclos y la propagación total se ha alcanzado en sólo 12 ciclos. Esto denota que el Geocompuesto tiene un valor cuantificable de aporte al retardo de la fisuración refleja, con lo cual se justifica su aplicación en una obra de las características de la analizada.



**Figura 2: Probeta con Geocompuesto al finalizar el ensayo de adherencia LCB**



**Figura 3: Equipo para flexión con cargas repetidas empleado.**

## **EJECUCIÓN DE LA OBRA**

Los distintos ítems propuestos para el ensanche se han clasificado en:

- a) Aserrado de pavimento existente
- b) Retiro de cordón de granito existente y apertura de caja
- c) Corrección de subrasante con 4% C.U.V.
- d) Sub base de suelo seleccionado  $e = 0,20$  m
- e) Base de Hormigón H-21
- f) Cordón central de H°
- g) Fresado de carpeta asfáltica en ancho 0,50 m
- h) Riego de liga pre y pos aplicación del Geocompuesto
- i) Geocompuesto
- j) Carpeta Asfáltica  $e = 0,05$  m

A continuación se presenta una secuencia fotográfica de algunas etapas de la obra.



**Figura 4: Apertura de caja, retiro de cordones graníticos y corrección de subrasante con cal**



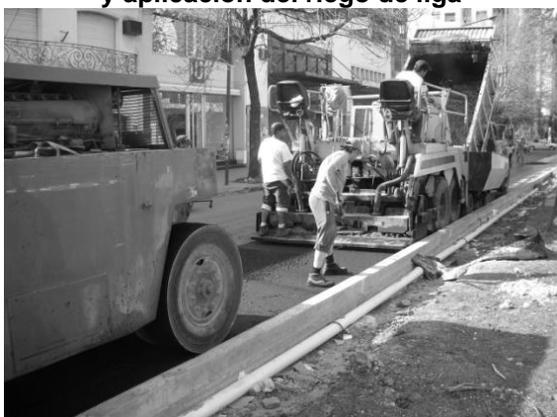
**Figura 5: Ejecución de sub base de suelo seleccionado**



**Figura 6: Fresado de carpeta asfáltica existente y aplicación del riego de liga**



**Figura 7: Colocación del producto Geocompuesto**



**Figura 8: Colocación y compactación de carpeta asfáltica**



**Figura 9: Ensanche terminado**

Durante el proceso constructivo se llevaron a cabo controles sobre los materiales y los procesos de ejecución.

A la cal empleada para corrección de la subrasante se le determinó el porcentaje de Cal Útil Vial (C.U.V), el ensayo arrojó como resultado un 45%.

Para la subrasante tratada se realizó su clasificación por el sistema H.R.B. sobre muestras extraídas “in situ”, y se determinó su DN con el método del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP). Los resultados de laboratorio arrojaron que las muestras se enmarcan en la clasificación A-6 (9), la terminación de la capa posee una lisura aceptable y el promedio de DN ha sido de 13 mm/golpe, que satisface lo exigido por el Pliego  $DN \leq 15$  mm/golpe.

Del suelo seleccionado, previo a su empleo en la capa de sub base, se tomo una muestra representativa del acopio y se determinó su clasificación por el sistema H.R.B., arrojando cómo resultado una clasificación de A-4 (7). Posteriormente se controló la capa terminada de sub base determinando nuevamente su clasificación H.R.B. sobre muestras de obra, su lisura general, y se determinó su DN. Los resultados de laboratorio arrojaron que las muestras se enmarcan en la clasificación A-4 (8), la terminación de la capa posee una lisura buena y el promedio de DN ha sido de 12 mm/golpe, que satisface lo exigido por el Pliego  $DN \leq 15$  mm/golpe.

De la ejecución de la base de hormigón H-21 se tomaron muestras representativas y se confeccionaron probetas cilíndricas de 0,15 m de diámetro y 0,30 m de altura. Dichas probetas se curaron en condiciones de humedad y temperatura controlada hasta que cumplieran la edad de 28

días, pasado dicho lapso se ensayaron a compresión simple. Los resultados de laboratorio arrojaron un promedio de 18,2 MPa, lo cual ha sido menor a la Resistencia característica exigida en el pliego,  $R_k = 21$  MPa a los 28 días sobre Probetas. Por lo tanto se recomendó la extracción de testigos y su ensayo a compresión simple.

Se controló a nivel visual que la colocación del riego sea homogénea, como así también los anchos y profundidades de fresado. En determinados lugares se encontraron situaciones no deseables que fueron informadas, se observaron ciertos defectos constructivos en la colocación del Geocompuesto, como ser la presencia de agua de lluvia y de arrugas. Estos dos aspectos van en detrimento de la buena adherencia que se debe lograr entre las capas. En tales circunstancias se dio aviso a la empresa constructora para que procediera a subsanar esas situaciones.

El material empleado como refuerzo y capa de uniformidad para toda la calzada, ha sido una mezcla asfáltica densa en caliente, de tamaño máximo de agregado 20 mm. Para el control de la formulación definitiva con incorporación de cal como filler, se obtuvieron los parámetros promedios reflejados en la Tabla 3.

**Tabla 3: Valores Marshall promedio-Granulometría de la Mezcla de Agregados**

Parámetro	Unidad	Valor Promedio	Límites		Curva Granulométrica			
					Tamiz	% que pasa		
						Lím. Inferior	CURVA	Lím. Superior
					3/4	100	<b>99,4</b>	100
					1/2	82	<b>88,7</b>	100
Vacíos	%	3,6	3	5	Nº 4	55	<b>60,7</b>	79
Estabilidad	kg.	816	800	1000	Nº 10	40	<b>40,5</b>	67
Fluencia	mm.	4,1	2,0	4,5	Nº 40	17	<b>19,1</b>	44
Relación Estab./Fluencia	kg/cm.	1990	2100	3600	Nº 80	9	<b>9,3</b>	29
					Nº 200	2	<b>5,1</b>	8

## EXTRACCIÓN DE TESTIGOS Y VALORACIÓN

Finalizada la obra, se consensuó con la inspección la ubicación y cantidad del muestreo a efectuar, y de esos sectores se extrajeron testigos o especímenes calados del pavimento en zonas con y sin la aplicación del Geocompuesto (Figura 10).

Los testigos calados fueron remitidos al LEMaC donde se le efectuaron determinaciones de adherencia LCB (Figura 11) y posteriormente a sus partes componentes (mezcla asfáltica y hormigón) se les determinó espesores y densidades aparentes para los testigos de mezcla asfáltica, y espesores y resistencia a compresión simple para los testigos de hormigón.

De un total de 16 testigos se subdividieron en dos grupos de 10 los cuales no incorporan un Geocompuesto como capa intermedia, y 6 testigos los cuales si poseen Geocompuesto como capa intermedia (Figura 12).

Los resultados de adherencia LCB en promedio para cada grupo han sido:

- Testigos sin Geocompuesto: Tensión de adherencia: 2,3 MPa  
Deslizamiento entre capas: 1,4 mm

- Testigos con Geocompuesto: Tensión de adherencia: 0,4 MPa  
Deslizamiento entre capas: 3,2 mm

Para los testigos de mezcla asfáltica resultantes de la separación de los testigos extraídos en forma completa, el espesor se determinó con tres medidas por espécimen las cuales se promediaron para arrojar un valor individual de espesor por testigo. El promedio del espesor para todos los testigos evaluados fue de **43,9 mm**. A su vez, a cada testigo se le efectuó la determinación de densidad aparente y el promedio de la densidad aparente para el conjunto de todos los testigos de mezcla asfáltica fue de **2,295 g/cm<sup>3</sup>**. Para los testigos de hormigón, con el mismo procedimiento enunciado con anterioridad se determinó el espesor de los mismos, arrojando un valor promedio de **17,4 mm**. Los mismos fueron luego ensayados a resistencia a compresión simple y el promedio de las determinaciones efectuadas en tal sentido arrojaron el valor de **29,8 MPa**, cuando la exigencia del Pliego es > 21,0 MPa.

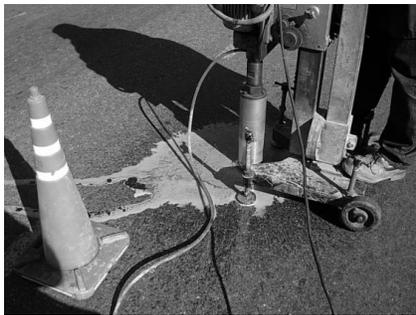


Figura 10: Calado de testigos del pavimento



Figura 11: Determinación de adherencia LCB sobre testigos.

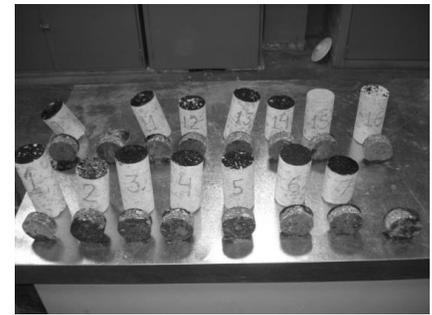


Figura 12: Separación resultante de los Testigos de mezcla asfáltica y de hormigón

## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Dentro de los ensayos efectuados, se destacan las curvas carga versus deformación de los ensayos de Adherencia LCB efectuados sobre testigos calados del pavimento. A continuación se presentan las curvas correspondientes para cada tipo de testigos, sin Geocompuesto incorporado y con Geocompuesto incorporado.

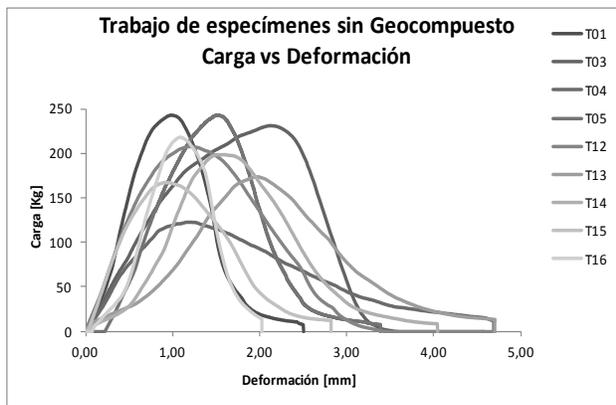


Figura 13: Determinaciones de LCB sobre testigos sin Geocompuesto

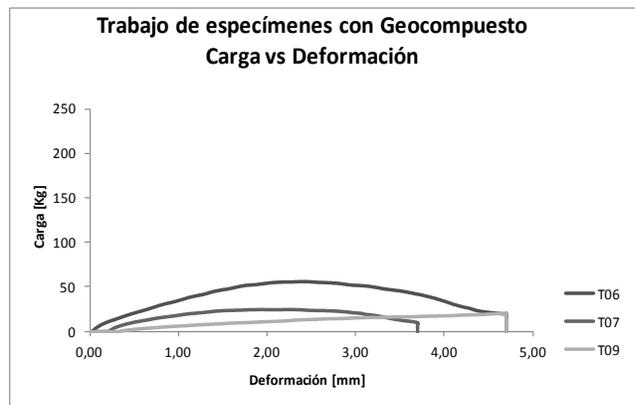


Figura 14: Determinaciones de LCB sobre testigos con Geocompuesto

Dentro de cada uno de los grupos analizados se observa que las curvas presentan cierta dispersión, propia de la metodología de ensayo.

Del análisis comparativo para el ensayo de LCB, las probetas moldeadas en laboratorio han presentado un mejor comportamiento con el blanco de comparación, mientras que en los núcleos calados del pavimento los resultados no fueron satisfactorios. Esto puede deberse a la heterogeneidad de los riegos aplicados en obra en cuanto a su dotación, y de los defectos detectados ya mencionados con anterioridad.

Se adaptaron satisfactoriamente equipos de sollicitación dinámica para predecir el comportamiento de los materiales ante la fisuración refleja. Los resultados obtenidos demostraron que el Geocompuesto es un agente efectivo para el retardo de las fisuras. Además el mismo actúa como un puente de transición entre dos sustratos diferentes sobre los cuales se desea aplicar una carpeta asfáltica en caliente.

La caracterización del material geocompuesto en laboratorio es de suma importancia, dado que se obtienen de esa manera parámetros confiables de sus propiedades. En el presente caso la caracterización fue efectuada bajo la normativa vigente en Argentina.

El tramo de vía estudiado en el presente trabajo será auscultado a lo largo del tiempo, con el objeto de conocer el comportamiento real del Geocompuesto y luego ser comparado con el comportamiento predicho mediante el ensayo de flexión con cargas repetidas.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Botasso G., Fensel E., Rivera J., Ricci L., Delbono L. Evaluación de Polyfil SRV (Geocompuesto) como Sistema de Membrana Antifisura SAMI en pavimentos rígidos. *LEMaC Centro de Investigaciones Viales*, La Plata, p. 1-99, abr. 2010.

Loria L., Navas A., Sebaaly Peter. Evaluación de métodos de diseño de sobrecapas asfálticas contra reflejo de grietas. *XV CILA Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto*, Lisboa, p. XX-XX, mes. 2009.

Montestrusque G. Bloqueo del agrietamiento por reflejo con el uso de geomalla. *XI CILA Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto*, Ciudad, p. XX-XX, mes. 2001.

Prieto J. N. et. al. Application of the wheel reflective cracking test for assessing geosynthetics in antireflection pavement cracking systems. *Geosynthetics International*, Ciudad, p. 14, mes. 2007

Ricci L. Evaluación de la adherencia entre capas asfálticas con intercapa de Geosintético. *Tesis de Maestría de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, desarrollada en el LEMaC Centro de Investigaciones Viales*, Buenos Aires, p 1-194, jun 2011.

Ricci L., Fensel E., Delbono H., Botasso G. Evaluación de distintas membranas tipo S.A.M.I. para rehabilitación de pavimentos asfálticos deteriorados. *XVI CILA Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto*, Río de Janeiro, p 1881-1892. nov. 2011.