

Evaluation of reflective cracking under dynamic loads interposing geosynthetic materials at different levels of the asphalt reinforcement layer

Valoración de la fisuración refleja ante cargas dinámicas interponiendo geosintético a diferentes niveles de la capa de refuerzo asfáltico

Luis Delbono^{1*}, Enrique Fensel*, Lucas Curone*

* Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional la Plata. ARGENTINA

Fecha de Recepción: 16/09/2015
Fecha de Aceptación: 28/11/2015
PAG 201-209

Abstract

Load demands on pavements, due to repeated vehicle loads and environmental conditions, generate a constant deterioration of the structure, which causes the loss of mechanical properties, thereby producing a structural and functional loss on the road. Nowadays, one of the most common problem, which is difficult to control due to these load demands, is reflective cracking, a phenomenon that explains the propagation of existing cracks in lower layers or coinciding with joint movements of an aged pavement, towards the new reinforcement layer, which copies the pathology of the same. The study evaluates the behavior of reflective cracking while varying the location of the geosynthetic material between each asphalt mix layer, and subjecting the system to dynamic loading. The geosynthetic reinforcement considerably delays the progression of the crack, and the greatest effectiveness is obtained when this material is located nearest to the most stressed fiber of the reinforcement layer.

Keywords: Restoration, geosynthetic, reflection crack, pavement, reinforcement

Resumen

Las solicitaciones producidas sobre los pavimentos, por cargas repetidas de vehículos y las condiciones ambientales, generan un deterioro continuo sobre la estructura, generando pérdidas de las propiedades mecánicas, ocasionando una pérdida estructural y funcional del camino. Uno de los problemas más comunes y de difícil control actualmente es la fisuración refleja debido a las solicitaciones mencionadas, fenómeno por el cual se propagan las fisuras existentes en capas inferiores o en coincidencia con movimientos de juntas de un pavimento envejecido, hacia la nueva capa colocada como refuerzo, copiando la patología de las mismas. El trabajo evalúa el comportamiento de la fisuración refleja variando la posición de un material geosintético entre capas de mezcla asfáltica, sometiendo el sistema a carga dinámica. El geosintético logra un considerable retraso en la progresión de una fisura, alcanzando mayor efectividad cuando se localiza lo más cercano a la fibra más traccionada de la capa de refuerzo.

Palabras clave: Restauración, geosintético, reflejo de fisura, pavimento, refuerzo

1. Introducción

Uno de los problemas más comunes en la restauración de los pavimentos son las fisuras u otros tipos de fallas en la superficie. Las fisuras pueden no sólo afectar la apariencia de una estructura, sino que también pueden reflejar fallas estructurales significativas (Al-Qadi et al., 2003). En este sentido el reflejo de fisuras es una de las principales preocupaciones de organismos viales y el de mayor preocupación actualmente dentro de la ingeniería de pavimentos (Peshkin et al., 2004).

Se denomina reflejo de fisura al fenómeno por el cual se propagan las fisuras pre existentes en capas inferiores o en coincidencia con movimiento de juntas de un pavimento envejecido hacia la nueva capa colocada como refuerzo por efecto del tránsito y/o de las solicitaciones ambientales reflejando la patología de las mismas en la capa superior (Virgili et al., 2009), Figura 1.

¹ Autor de correspondencia:

LEMaC: Centro de Investigaciones Viales de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata
E-mail: delbonoluis@hotmail.com



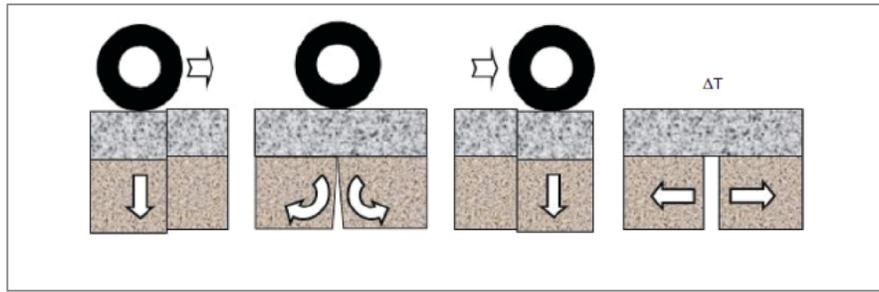


Figura 1. Solicitaciones en la estructura del pavimento

La reflexión de una fisura a la capa superior está ligada al hecho que, bajo el efecto de solicitaciones diversas, los bordes de la fisura existente trabajan creando concentración de tensiones y transfieren ese movimiento a la capa superior; por fatiga de la capa de refuerzo asfáltico se inicia una fisura que crece rápidamente en dirección a la superficie (Laerte, 1993).

Las investigaciones de los geosintéticos en cuanto a su interposición entre capas de un pavimento, aseveran que puede reducirse el espesor de las capas del paquete estructural. Sin embargo, esa reducción suele ser algo arbitraria ya que depende de varios factores como ser: tipo de material que compone la capa (suelo, hormigón, mezcla asfáltica), distribución granulométrica de los agregados que conforman las capas, características de la mezcla asfáltica utilizada en refuerzos, condiciones climáticas y tipo de cargas del tránsito.

Desde el Centro de Investigaciones Viales (LEMaC) se vienen realizando trabajos que involucran la problemática del reflejo de fisuras en los pavimentos, sean asfálticos u de hormigón, a través de proyectos de investigación homologados y mediante convenios con empresas del sector productivo, en la aplicación en obra y su seguimiento.

Uno de esos trabajos es el que se presenta, en donde se seleccionó uno de los materiales geosintéticos que se comercializan en Argentina con el objeto de trabajar ante el

fenómeno de la fisuración refleja.

A continuación se brinda una descripción de los materiales utilizados para confeccionar las probetas de ensayo que representan el comportamiento de un pavimento sometido a carga dinámica.

2. Materiales; desarrollo experimental

Se confeccionan en laboratorio probetas por cada sistema a ser ensayado, los materiales que conforman la probeta se describen a continuación:

2.1 Mezcla asfáltica

La mezcla utilizada para la confección de probetas es un concreto asfáltico en caliente del tipo convencional con tamaño máximo de 19 mm, la cual es caracterizada mediante las exigencias dispuestas en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad, en su sección D VIII. Bases y carpetas preparadas en caliente (1998).

Las características de la mezcla de acuerdo al ensayo Marshall según norma VN – E9 – 86 (Norma de Ensayo de Vialidad Nacional, 2008) son los que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de la mezcla asfáltica utilizada

Ensayo	Unidad	Resultado	Exigencia
Densidad Marshall	g/cm ³	2,347	-
Densidad Rice	g/cm ³	2,432	-
Vacíos	%	3.5	3 - 5
Relación Betún - Vacíos	%	77	68 - 78
Ligante promedio	%	4.9	5
Vacíos de agregado mineral	%	15	> 14
Estabilidad	Kg	919	> 800
Relación Estabilidad-Fluencia	Kg/cm	3465	2500 - 4500

2.2 Emulsión asfáltica

La emulsión utilizada en la confección de las probetas es una emulsión asfáltica modificada con polímero del Tipo SBS (ECRR-M) la misma fue suministrada por YPF (Yacimientos Petrolíferos Fiscales). Sobre esta emulsión se realizan los ensayos de caracterización; los parámetros obtenidos se presentan en la Tabla 2.

2.3 Material Geosintético

El material seleccionado es una grilla de malla de 40x40 mm, conformado por fibras en poliéster unidas a una manta en polipropileno, Figura 2.

Tabla 2. Parámetros de la emulsión considerada

Ensayo	Unidad	Norma IRAM	Resultado
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	SSF	6721	33.7
Residuo asfáltico por destilación	g/100g	6719	65.3
Asentamiento	g/100g	6716	1.7
Contenido de agua	g/100g	6719	37.5
Carga de partículas	-	6690	Positiva
Residuo sobre tamiz IRAM 850 mm	g/100g	6717	0.06
Ensayos sobre residuo de destilación			
Penetración de residuo	0.1 mm	6576	70
Ductilidad	cm	6579	>100



Figura 2. Material geosintético utilizado

El material geosintético trabaja dentro del paquete estructural absorbiendo las tensiones que se generan en la fibra inferior de la capa de refuerzo sobre la cual se instala el material, cumpliendo la función de coser las fisuras existentes en un pavimento deteriorado o en correspondencia con juntas de un pavimento de hormigón (Delbono, 2015). Es por ello que en primera instancia se realiza el ensayo de tracción según normativa IRAM 78012 (2001), utilizando la máquina a tracción EMIC DL 10000 la cual, a través de su software de registro continuo, emite una curva Tensión vs Deformación del material. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

2.4 Confección de probetas

En un molde de 30x30 cm de lado se compacta la capa inferior de mezcla asfáltica, cuyo espesor es variable y de acuerdo a la posición relativa en que se coloca el material geosintético, a la temperatura de compactación (160 °C). Para el moldeo de la mezcla asfáltica, se utiliza el equipo Roller Compact Modelo STCX-2 (Figura 3); el equipo se

acondicionó a 150° C efectuando 24 pasadas. Se deja enfriar la capa, luego se realiza la aplicación del riego de emulsión asfáltica que según la recomendación del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad (bajo el título de tratamiento bituminoso superficial de sellado: Sección D.III), se selecciona una dotación de 0.5 l/m², una vez curada la emulsión se procede a la colocación del material geosintético, cuidando que no queden arrugas, para luego compactar la capa superior de mezcla asfáltica hasta alcanzar 120 mm de espesor de la probeta.

Una vez confeccionadas las probetas, se les realiza un corte en la parte inferior de la base de 2 cm de altura, la que representa una fisura o junta bajo la ubicación del material geosintético, luego se procede a cortarlas en forma transversal a la “fisura” creada, quedando así tres probetas de dimensiones de 10 cm de ancho por 30 cm de largo para cada sistema a ser ensayado.

Tabla 3. Resultados a tracción del material geosintético

Dirección de ensayo	Carga Max (KN/m)	Deformación Max (mm)	Deformación Rotura (mm)
Paralela al rollo	31.79	19.26	23.06
Transversal al rollo	25.25	15.88	20.36



Figura 3. Equipo Roller Compact



La Figura 4 presenta la ubicación del material geosintético dentro del sistema; en el 1° esquema el material se encuentra a 40 mm sobre la base de la capa inferior, siendo de 80 mm el espesor de mezcla asfáltica compactada sobre el geosintético; en el 2° esquema el material geosintético se encuentra ubicado a 60 mm, siendo de 40 mm el espesor de mezcla asfáltica compactada sobre el geosintético, mientras que en el 3° esquema el geosintético se encuentra a 80 mm, siendo de 40 mm el espesor de mezcla asfáltica compactada sobre el mismo.

2.5 Ensayo de Módulo de Rigidez

Las probetas, confeccionadas con los procedimientos descritos con anterioridad, se colocan sobre el sistema de apoyo materializado por varillas metálicas de acero liso de 25 mm de diámetro en los extremos, Figura 5. Mediante este apoyo se representa la capacidad de deformación y trabajo de la fisura ante las sollicitaciones del ensayo, que simulan la carga dinámica del tránsito.

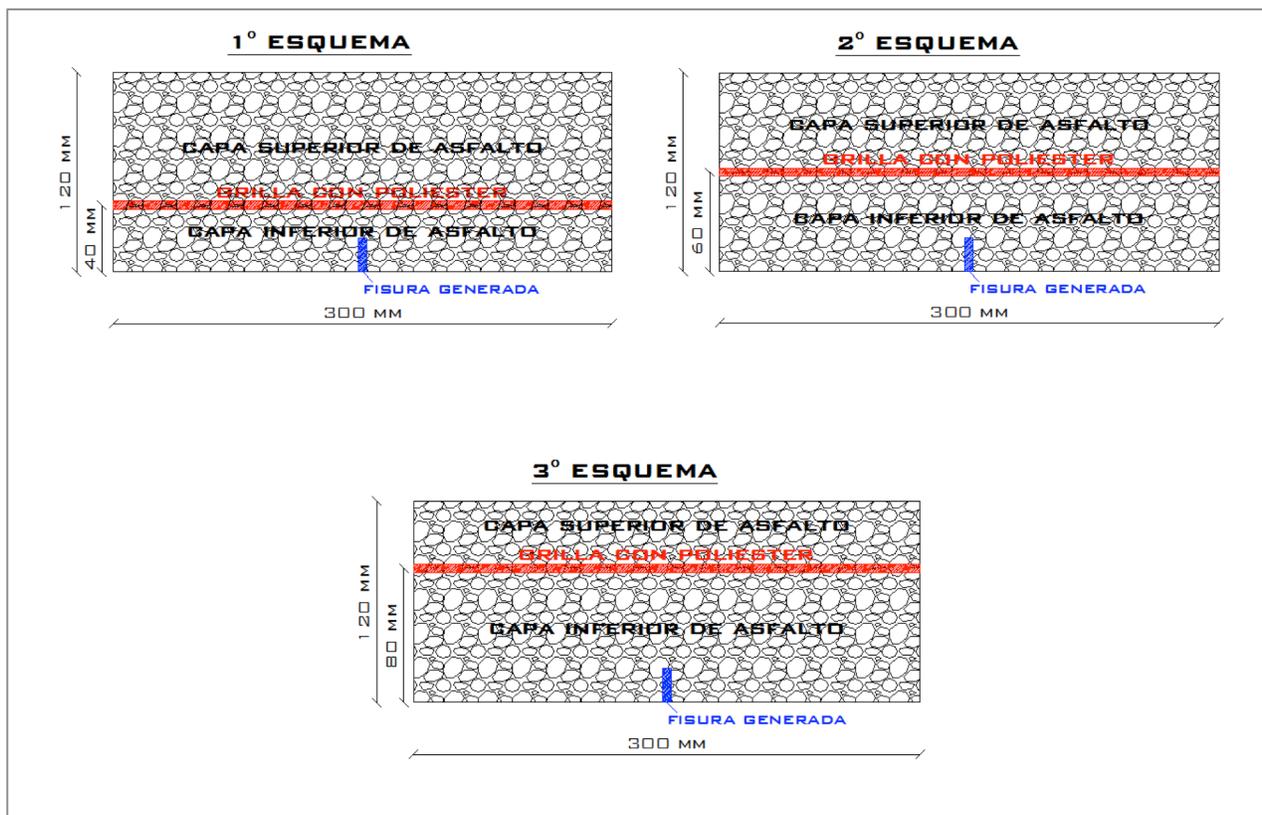


Figura 4. Esquemas de ubicación del material geosintético

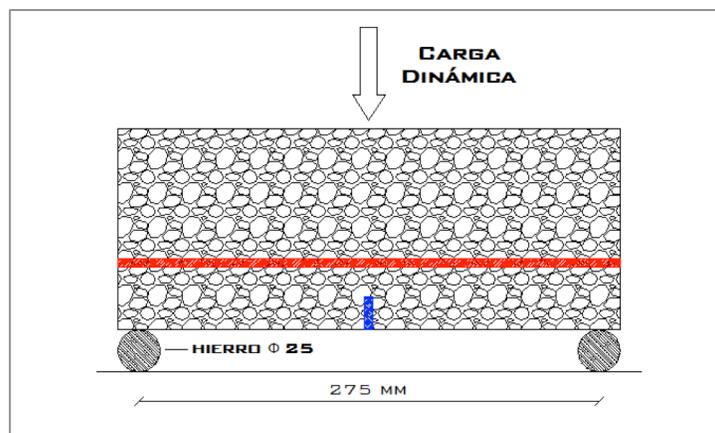


Figura 5. Esquema del sistema de apoyo



Las probetas son acondicionadas durante 4 horas a una temperatura 25°C en el equipo que denominamos Módulo de Rigidez, luego son ensayadas bajo las siguientes características: carga de 500 Kg a una frecuencia de 1 Hz, Figura 6.

3. Resultados

La Tabla 4 presenta los resultados alcanzados ante el fenómeno de fisuración refleja interponiendo el material geosintético a diferentes niveles del paquete estructural. Los mismos son comparados con la probeta que no considera la interposición del material geosintético.

La última columna de la Tabla 4 presenta el factor de efectividad (FEf) del material según su ubicación. Este coeficiente es determinado en el ensayo propuesto como la relación entre el número de ciclos que provocan la falla en especímenes con geosintético (Nr) dividido el número de ciclos que provocan la falla en especímenes sin geosintético (Nn). El mismo adopta valores mayores de 1 si el material brinda un mejoramiento en el refuerzo, y valores menores a la unidad si no posee un aporte sobre el sistema de referencia.

El tránsito a utilizar en el cálculo del refuerzo es minorado por dicho coeficiente FEf; en ese caso, los valores de espesores del refuerzo resultan menores que en el caso de la no aplicación del geosintético, según el material utilizado (Koerner, 2005).

Se define el factor de efectividad FEf de la siguiente forma:

$$FEf = Nr/Nn$$

Donde:

FEf = coeficiente de efectividad del geosintético.

Nr = número de ciclos de carga que generan la falla en probetas con geosintético.

Nn = número de ciclos de carga que generan la falla en probetas sin geosintético "Referencia".

La Figura 7 presenta la altura, en milímetros, en que la fisura se va desarrollando para los números de ciclos de cargas aplicadas. La Figura 8 presenta la rotura de las probetas. En estas puede apreciarse como fue el camino de la fisura hasta alcanzar la superficie de la capa.



Figura 6. Equipo de módulo de rigidez

Tabla 4. Resultados de propagación de fisuras interponiendo un geosintético

Ubicación desde la base (mm)	Ciclos de carga (n°)	FEf (Nr/Nn)
Sin geosintético	12	1
40 mm (probetas A)	3424	285
60 mm (probetas B)	1830	152
80 mm (probetas C)	792	66

Nota: los resultados son promedio de tres determinaciones por cada nivel de ubicación del material geosintético



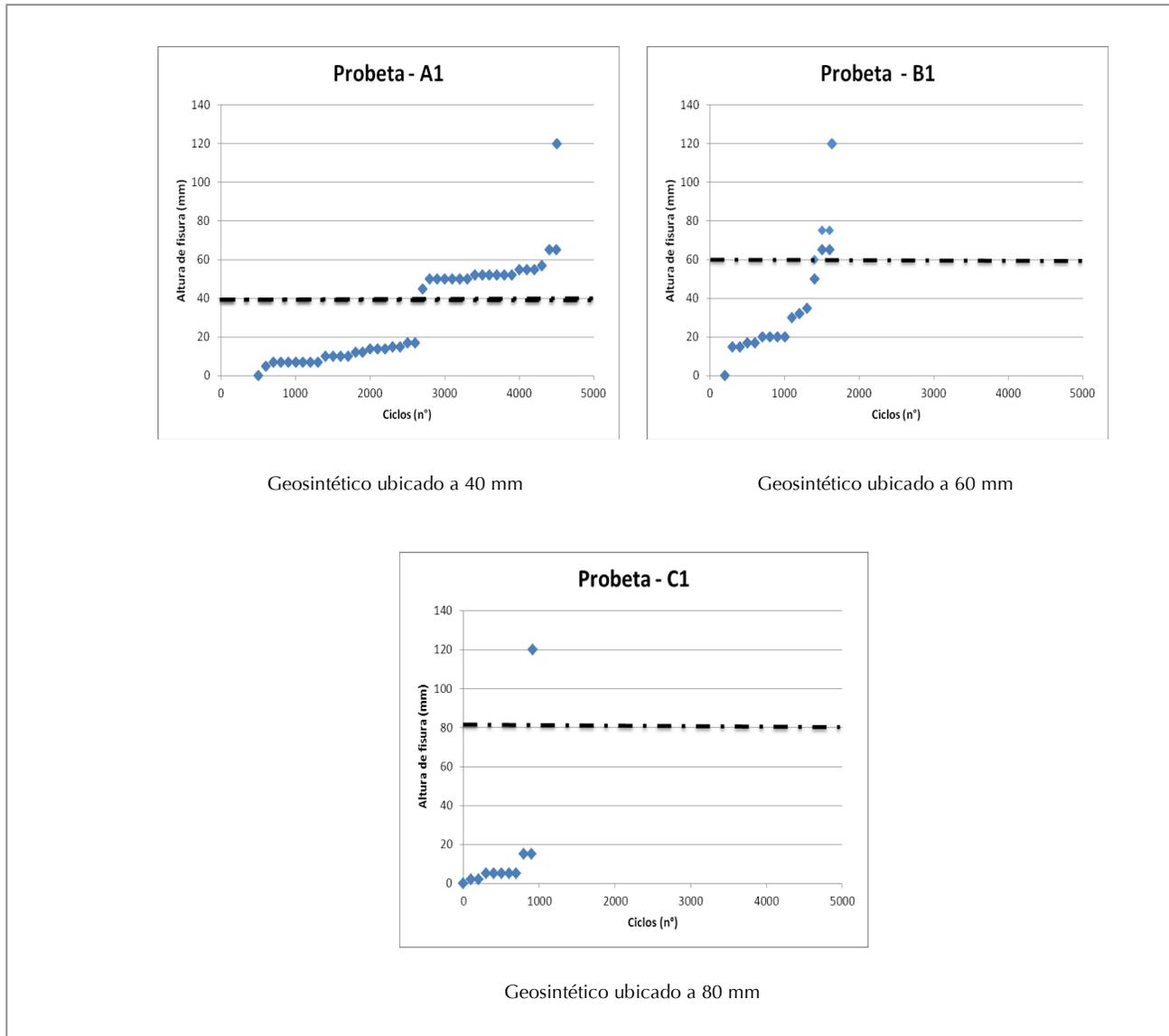


Figura 7. Recorrido de la fisura para cada nivel del geosintético

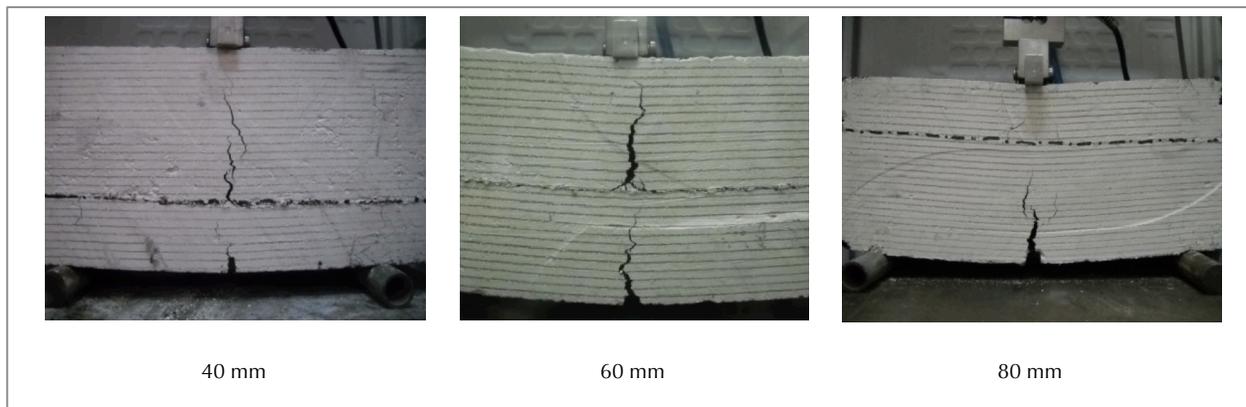


Figura 8. Propagación de fisura para diferente ubicación del material geosintético

En algunos casos se evidenció la falta de adherencia entre las capas, siendo este fenómeno un factor importante en las determinaciones de los resultados, Figura 9.

Se observa al no conseguirse buena unión entre las

capas y el material geosintético, que el sistema no trabaja monolíticamente. Al no estar ligadas las capas éstas trabajan en forma independiente una de otra, disminuyendo la capacidad portante del sistema.



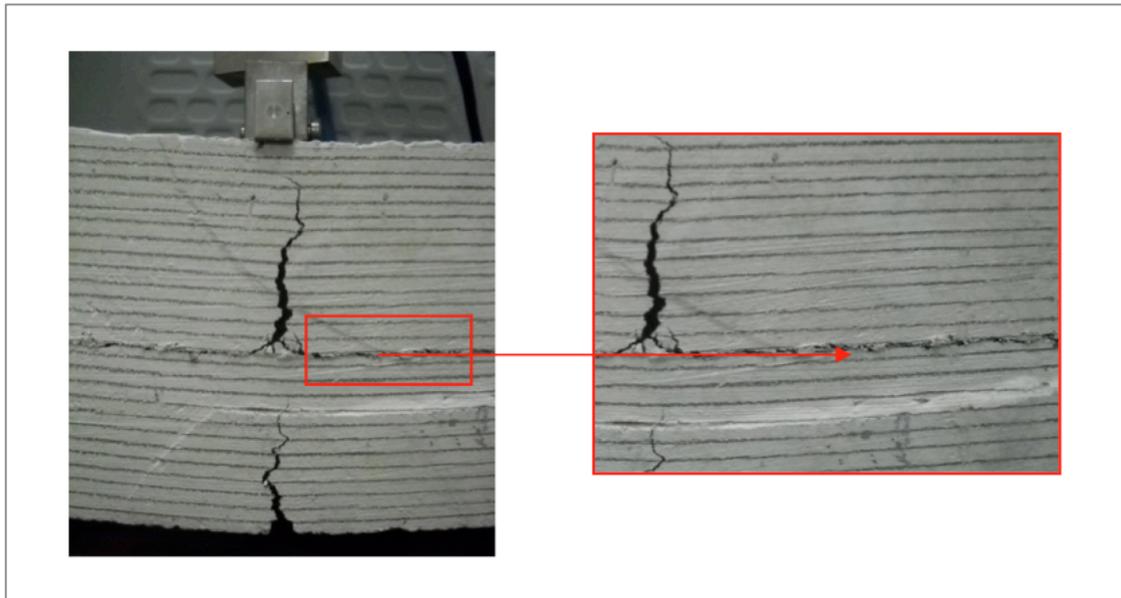


Figura 9. Falta de adherencia entre capas y el material geosintético

4. Conclusiones

- Los resultados a tracción del material geosintético permiten una perspectiva en cuanto a la carga y deformación que el material es capaz de desarrollar para coser una fisura existente en un pavimento. En función del estado del pavimento y los movimientos que este manifiesta puede inferirse con que tipo de geosintético uno puede trabajar efectivamente, dentro de la amplia gama que el mercado ofrece.
- El material geosintético logra un considerable retraso en la progresión de una fisura que tenderá indefectiblemente a propagar como consecuencia de la aplicación repetida de la carga. Dependiendo de la posición del material geosintético se logra una mayor efectividad del material según su ubicación dentro del paquete estructural.
- El nivel para el cual se obtiene el mejor comportamiento del material geosintético es cuando se localiza lo más cercano a la fibra más traccionada de la capa de refuerzo, por debajo de la línea neutra del sistema, donde se prevé que comience a trabajar ni bien la fisura comienza a crecer.

La adherencia entre las capas y el material geosintético es un factor importante en el comportamiento del paquete estructural. El material geosintético debe estar adecuadamente adherido con las capas para poder absorber la energía de propagación de la fisura, de lo contrario las capas se comportan en forma individual, lo que se traduce en una mala o nula distribución de tensiones en el espesor total del pavimento.

5. Referencias

- Al-Qadi I. L., Elseifi M. A., Leonard D. (2003)**, Development of an overlay design model for reflective cracking with and without steel reinforcement. *Journal of the Association of Asphalt Pavement Technologists*, 72: 388 - 423.
- Delbono H. L. (2015)**, Estudio de grillas poliméricas en sistemas anti reflejo de fisuras bajo solicitaciones dinámicas. Tesis Doctoral. ISBN: 978-987-1896-38-7. La Plata. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.
- Dirección Nacional de Vialidad (1998)**, Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. 166.p. http://www.vialidad.gov.ar/corredores%20viales/archivos/2_llamado%20licitacion/PETG.pdf
- Guia Maroni, Laerte (1993)**, *El uso de Geotextiles en Repavimentación Asfáltica. Una Experiencia Reciente. El Fenómeno de la Fisuración de los Pavimentos. "Las Fisuras Reflejas". Carreteras Año XXXVIII N°140, Mayo 1993. Pp.57-66* http://www.aacarreteras.org.ar/uploads/pdf/pdf_Revt/140.pdf
- Koerner R. M. (2005)**, Designing with Geosynthetics. Fifth edition. p. 796 New Jersey. Pearson Prentice Hall. p. 280-281. ISBN 0-13-145415-3.
- Norma de ensayo de Vialidad Nacional (2008)**, VN – E9 – 86. Ensayo de Estabilidad y Fluencia por el Método Marshall. Dirección Nacional de Vialidad. Dirección Nacional de Vialidad – Edición 2008 1° Distrito Buenos Aires. Argentina.
- Norma IRAM (2001)**. IRAM 78012. Ensayo de tracción con probetas anchas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). Primera edición 20-4-2001.
- Peshkin D. G., Hoerner T. E., Smith K. D., Bruinsma J. E. and Seeds S. B. (2004)**, Pavement Preservation: Design and Construction of Quality Preventive Maintenance Treatments, Reference Manual, National Highway Institute, Federal Highway Administration, NHI Course 131103, FHWA-NHI-04-171. Washington, DC.
- Virgili A., Canestrari F., Grilli A., Santagata F. A. (2009)**, Repeated load test on bituminous systems reinforced with geosynthetics. *Geotextiles and Geomembranes*, 27: 187-195. doi:10.1016/j.geotexmem.2008.11.004

