

Grillas Poliméricas (Geosintéticos) Solicitadas a las Temperaturas de Obra, en la Rehabilitación de Pavimentos.

Autor: Héctor L. Delbono¹

¹ LEMaC – Centro de Investigaciones Viales de la UTN-Facultad Regional La Plata. Avenida 60 y 124 (1900) Tel/fax: +54-0221-4890413. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
Email: delbonoluis@hotmail.com

Resumen

Las grillas poliméricas, conocidas internacionalmente como materiales Geosintéticos, se colocan para trabajar a tracción entre capas de un pavimento con objeto de prevenir el reflejo de fisuras, entre otras funciones. Cuando sobre las grillas se coloca y compacta una mezcla asfáltica de refuerzo a alta temperatura, puede llegar a modificarse la resistencia a tracción de las mismas.

Para verificarlo se realizaron experiencias utilizando materiales extranjeros en poliéster y materiales desarrollados en Argentina, representando su puesta en obra y determinando la resistencia a tracción antes y después de poner los materiales en contacto de una mezcla asfáltica convencional a diferentes temperaturas.

Los resultados apoyan el uso de los materiales en la rehabilitación de pavimentos con refuerzo de mezcla asfáltica en caliente, encontrando ventajas y desventajas en cada uno.

Palabras Claves

Rehabilitación, Pavimentos, Reflejo de fisura, Geosintéticos, Tracción

Pavement Rehabilitation; Traction of Polymer Grids (Geosynthetics) Requested to Work Temperatures.

Abstract

Internationally known as geosynthetic materials polymeric grids are placed to work in traction between pavement layers in order to prevent reflection cracking, among other functions. When an asphalt mix at high temperatura is placed and compacted on the grid, the tensile strength may be modified.

For verification we performed using foreign materials and polyester materials developed in Argentina, representing his placing and determining the tensile strength before and after placing the materials in contact with a conventional asphalt mixture at different temperatures.

The results support the use of the materials in pavement rehabilitation by asphalt hot mix reinforced, finding advantages and disadvantages to each.

Keywords

Rehabilitation, Pavements, Reflection crack, Geosynthetic, Tensile

INTRODUCCIÓN

Los Geosintéticos son materiales fabricados con polímeros, que se emplean para mejorar, aumentar y hacer más económicos proyectos medioambientales, de la infraestructura del transporte, obras geotécnicas e hidráulicas. (International Geosynthetic Society (IGS)).

Es conocido el uso de grillas poliméricas (materiales geosintéticos) como sistema anti-reflejo de fisuras, existiendo numerosos estudios sobre la aplicación de estos materiales en la recuperación de pavimentos deteriorados. Una de las principales funciones de ciertos tipos de geosintéticos son la de disipar las tensiones generadas en la punta de una fisura y convertirlas en micro fisuras, retardando su propagación a la superficie (Montestruque Vilchez G. 1996).

Los materiales geosintéticos, se colocan entre las capas de un pavimento, previo riego de adherencia para ligar los materiales; luego se coloca y compacta una carpeta de mezcla asfáltica a temperaturas que sobrepasan los 140 °C (UTN-INTI-CIT, 2003).

La Figura 1 muestra la puesta en obra del material geosintético.

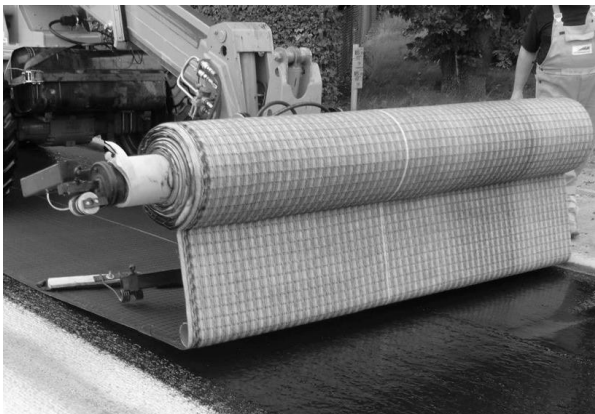


Figura 1. Colocación del material en obra.

Según su composición los geosintéticos (como todo material polimérico) son en mayor o menor medida susceptibles a los cambios de temperatura, pudiendo variar sus propiedades en función de la exposición de la misma (Vanden Eynde S. et al., 2000).

La resistencia a la temperatura es una propiedad poco considerada en la elección de un geosintético cuando se desea utilizarlo en

la prevención del reflejo de fisuras; generalmente la resistencia a tracción es el parámetro que define su elección, donde el material actúa cosiendo las fisuras existentes del viejo pavimento que se desea restaurar. De ahí que estudiar la resistencia a tracción de los materiales después de colocar y compactar una capa de refuerzo asfáltico convencional a temperaturas que rondan los 140 °C a 160 °C, es fundamental.

En este sentido, la temperatura de fusión (T_m) y la de transición vítrea (T_g) son probablemente los parámetros térmicos más importantes de las fibras y de sus polímeros componentes.

El conocimiento de la temperatura de fusión es necesario para programar la temperatura de determinados tratamientos térmicos.

En la Figura 2 se observa el comportamiento termo gravimétrico teórico de probetas en poliéster, ensayadas en los intervalos de T_g (70 °C) y T_m (240-260 °C), también las de polipropileno ensayadas en los intervalos de T_g (-10 °C) y T_m (140-160 °C). (Contreras Normabuena et al., 2009).

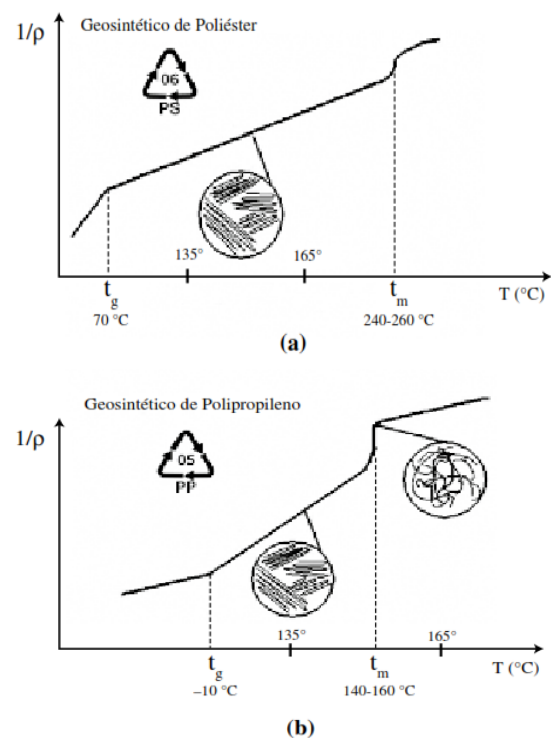


Figura 2. Comportamiento termo gravimétrico a) del poliéster b) del polipropileno en exposición a temperatura de ensayo. (Contreras Normabuena et al., 2009).

En materiales de estas características, el cambio de temperatura durante la transición es gradual, sufriendo la pérdida total o parcial de las propiedades, causando así un colapso de la estructura polimérica. Esto es más evidenciable en el material a base de polipropileno.

Los Geosintéticos aparecieron en Argentina en la década del 70' siendo materiales importados a la fecha. A partir del 2012 comenzó en el país la fabricación de geotextiles no tejidos en poliéster. Actualmente se han desarrollado materiales compuestos capaces de afrontar la problemática.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Los materiales seleccionados para la investigación, Figura 3, corresponden a materiales importados, denominados HSK PET y MAC PET, con estructura de malla de 40x40 mm, conformados por fibras en poliéster, unidas a una manta en polipropileno; otros dos son de desarrollo local y de estructura cerrada (FM PP, conformado por una membrana asfáltica adosada a un geotextil tejido en polipropileno y RBK PET conformado por fibras en poliéster distribuidas aleatoriamente en la masa de una membrana asfáltica), estos dos últimos materiales nacieron en el marco de la investigación, siendo un significativo aporte al crecimiento tecnológico de Argentina.

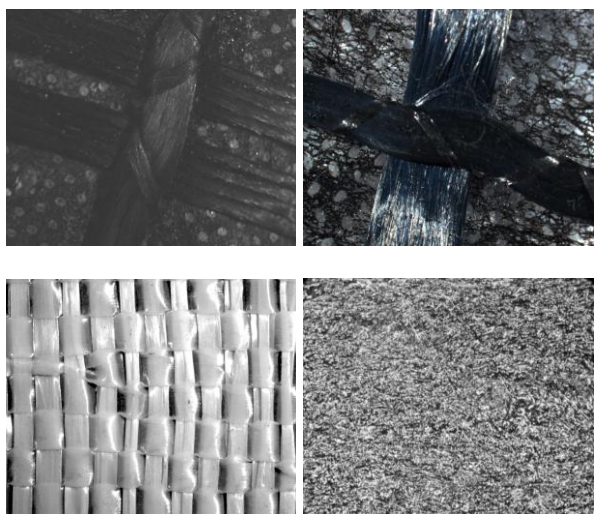


Figura 3. Materiales; Arriba izq. HSK PET, derecha MAC PET; Abajo izq. FM PP, derecha RBK PET.

Ensayos de caracterización de materiales.

Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR).

Con objeto de identificar la composición de las fibras que conforman las grillas poliméricas, se realiza el ensayo de FTIR. Las bandas que arroja el espectro IR son características de determinados grupos funcionales, su estudio permite identificar la especie química de que se trata (HESSE M. et al., 1995).

Los espectros IR son obtenidos mediante el equipo PERKIN ELMER Universal ATR Sampling Accessory, Figura 4, con una resolución de 4 cm^{-1} en modo absorbancia. El ensayo permite una interpretación de qué enlaces están presentes en el material.



Figura 4. Equipo PERKIN ELMER.

Se obtienen los espectros para las fibras en polipropileno que conforman los materiales geosintéticos. El ensayo se realiza sobre el Geotextil No Tejido en polipropileno de fondo (componente de los materiales HSK PET, y MAC PET) y sobre el Geotextil Tejido en polipropileno (que conforma el material FM PP), agregándose como comparación el espectro obtenido de la fibra virgen en polipropileno, Figura 5.

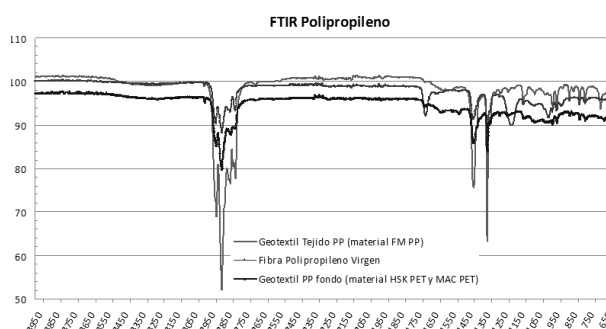


Figura 5. Espectro IR del polipropileno. El espectro presenta longitudes de onda que se corresponden con la fibra virgen en polipropileno. Realizando el análisis encontramos a los 2950 cm^{-1} grupos C-H (CH_2 y CH_3). A los 2920 cm^{-1} y 1450 cm^{-1} se manifiesta el enlace C-H, mientras que a los 1375 cm^{-1} corresponde al enlace C-C. Entre 1350 cm^{-1} y 650 cm^{-1} las vibraciones no presentan intensidad de mayor importancia.

La Figura 6 presenta los espectros para las fibras en poliéster que conforman los materiales RBK PET (fibra virgen), HSK PET y MAC PET.

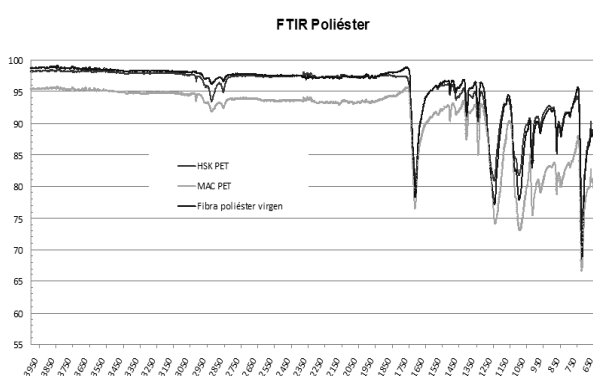


Figura 6. Espectro IR del poliéster.

Los espectros obtenidos se asemejan bastante. Se presenta a los 2950 cm^{-1} el grupo CH_2 . A los 2850 cm^{-1} se manifiesta el enlace C-H. A los 1750 cm^{-1} corresponde al enlace C=O. A los 1440 cm^{-1} corresponde al enlace C-H mientras que para 1250 cm^{-1} corresponde al enlace C-O. A los 700 cm^{-1} se manifiesta en enlace C-H.

Los resultados permiten certificar que el tipo de polímero, componente de las fibras de los diferentes materiales geosintéticos, es el declarado.

Caracterización de la membrana asfáltica.

Las características del asfalto que conforma la membrana de los materiales FM PP y RBK PET se obtienen en base a los ensayos exigidos en la norma IRAM 6596 (Instituto de normalización y certificación de materiales, 2001).

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 1, el asfalto que compone la

membrana es comparable con un sellador asfáltico SA-50 según exigencias de la Norma IRAM 6838 (Instituto de normalización y certificación de materiales, 2000).

Tabla 1. Características del asfalto que compone la membrana asfáltica.

Ensayo	Valor	Exigencia SA-50
Punto de ablandamiento Anillo B ($^{\circ}\text{C}$)	117	Min. 105
Punto de inflamación ($^{\circ}\text{C}$)	235	Min. 230
Penetración (0,1 mm)	40	35 - 50
Recuperación elástica por torsión $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (%)	96	Min. 90
Resiliencia (%)	65	Min. 40
Viscosidad dinámica $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ (mPas)	221	-

Ensayo de tracción.

Se toman 5 muestras de cada material tomadas aleatoriamente de rollos, se cortan en dimensiones de 200 mm de ancho por 300 mm de largo, según normativa IRAM 78012 (Instituto de normalización y certificación de materiales, 2001).

Se calienta la mezcla asfáltica en baño de aceite hasta alcanzar las temperaturas establecidas ($140\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $160\text{ }^{\circ}\text{C}$), para luego colocarla sobre los materiales geosintéticos; se compacta la mezcla manualmente con un pisón, aplicando los golpes en franjas horizontales de manera de distribuir en forma pareja la mezcla asfáltica. Se deja enfriar la mezcla durante 24 horas, luego se recupera el material geosintético, Figura 7.

La mezcla es un concreto asfáltico en caliente del tipo convencional con tamaño máximo de 19 mm., denominada CAC D20, 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. (Dirección Nacional de Vialidad, 1998).



El ensayo de tracción, descrito en la Norma IRAM 78012, se realiza sobre 5 muestras vírgenes; sobre 5 muestras luego de ser sometidas a la compactación de mezcla asfáltica a 140 °C sobre el material y, sobre 5 muestras luego de ser sometidas a la compactación de mezcla asfáltica a 160 °C sobre el material.

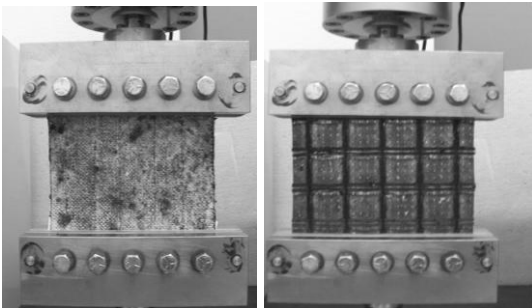


Figura 7. Recuperación y ensayo de tracción de la muestra luego de ser sometida a mezcla asfáltica a temperaturas de 140 °C y 160 °C.

El ensayo a tracción se realiza bajo normativa IRAM 78012 (Instituto de normalización y certificación de materiales, 2001), utilizando la máquina a tracción EMIC DL 10000, Figura 8.



Figura 8. Máquina de tracción utilizada para los ensayos.

RESULTADOS

Ensayo de tracción

La Tabla 2 presenta los resultados de la resistencia alcanzada por los diferentes materiales geosintéticos, al ser ensayados a tracción en el sentido de fabricación del material, antes y después de ser sometidos a la colocación y compactación de una mezcla asfáltica convencional (CAC D20) en caliente a diferentes temperaturas.

Los ensayos se ejecutaron en ambiente condicionado 22 °C y humedad del 65%.

La Figura 9 presenta gráficamente la resistencia a tracción (KN/m) obtenida por los diferentes materiales geosintéticos, mientras que la Figura 10 indica la deformación (mm) correspondiente a la carga máxima alcanzada por los diferentes materiales. Los valores obtenidos corresponden a los materiales en estado de comercialización (virgen), y luego de ser expuestos al contacto de una mezcla asfáltica convencional a las temperaturas de 140 °C y 160 °C.

Los resultados a tracción son expresados en KN/m de acuerdo a lo estipulado en la Norma IRAM 78012; así son expresados en las cartillas técnicas de los diferentes comerciantes.

Tabla 2. Valores de carga y deformación a tracción para los diferentes materiales geosintéticos seleccionados en la investigación.

Material	sin contacto con mezcla		mezcla a 140 °C		mezcla a 160 °C	
	Tracción (KN/m)	Deformación (mm)	Tracción (KN/m)	Deformación (mm)	Tracción (KN/m)	Deformación (mm)
HSK PET	37,76	15,30	34,20	14,43	35,91	15,75
MAC PET	31,79	19,27	23,29	13,87	21,51	15,74
RBK PET	15,30	50,16	15,49	53,22	15,35	64,89
FM PP	28,04	21,04	31,23	28,42	29,49	28,95

Nota: los valores, promedio de 5 determinaciones, son obtenidos directamente por la máquina de tracción, la deformación corresponde a la carga máxima registrada por el equipo.

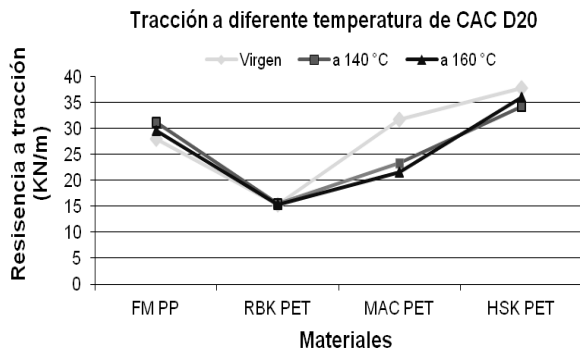


Figura 9. Resistencia a tracción de los materiales geosintéticos antes y después de ser sometidos a temperatura.

Para los materiales compuestos por fibras en poliéster unidas a una manta en polipropileno, la resistencia a tracción disminuye levemente con el incremento de la temperatura; para los materiales compuestos por fibras en poliéster o polipropileno, adosados a una membrana asfáltica, se evidencia un incremento en la resistencia a tracción al exponerlos a 140 °C, disminuyendo la resistencia cuando se los expone a mezcla asfáltica a 160 °C.

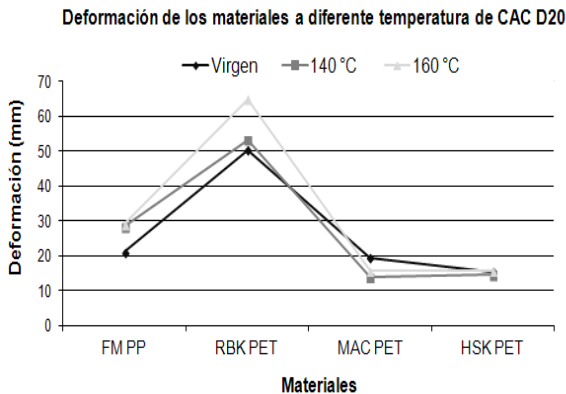


Figura 10. Deformación de los materiales geosintéticos antes y después de ser sometidos a temperatura.

Se aprecia en casi todos los materiales un incremento en su deformación con el aumento de la temperatura, a excepción del material MAC PET.

De la Figura 11 a la Figura 13 se presentan los resultados obtenidos directamente por la maquina de ensayo a tracción para el material HSK PET; de la Figura 14 la Figura 16 se presentan las curvas obtenidas para el material el polipropileno FM PP.

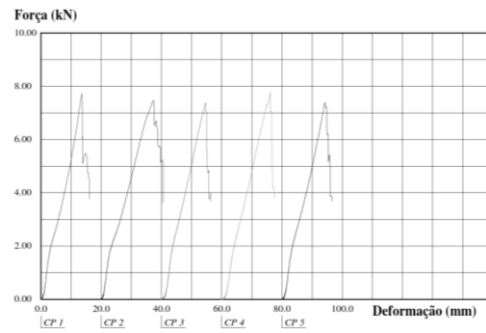


Figura 11. HSK PET sin exposición de mezcla asfáltica.

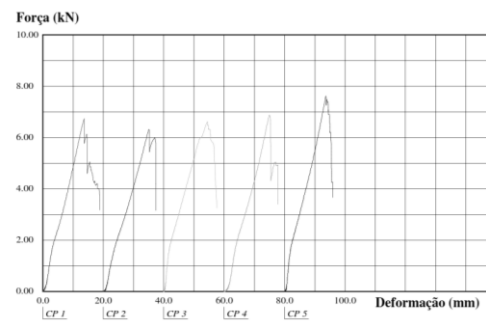


Figura 12. HSK PET luego de someterlo a 140 °C de mezcla asfáltica convencional.

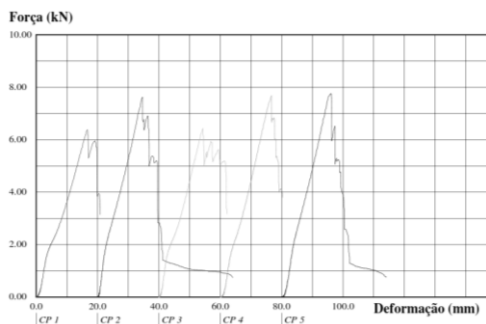


Figura 13. HSK PET luego de someterlo a 160 °C de mezcla asfáltica convencional.

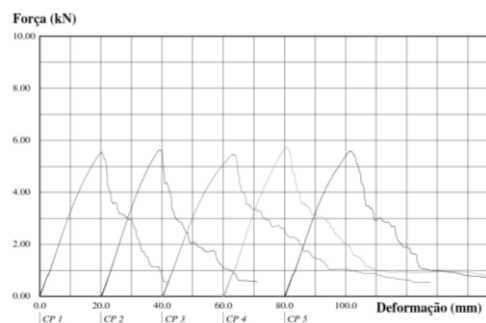


Figura 14. FM PP sin exposición de mezcla asfáltica.

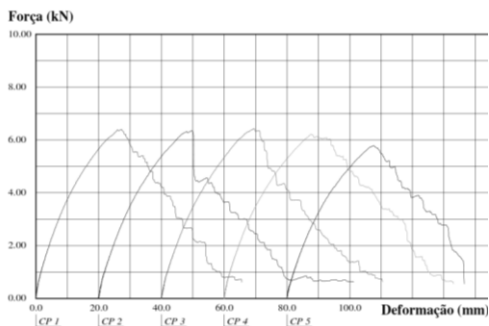


Figura 15. FM PP luego de someterlo a 140 °C de mezcla asfáltica convencional.

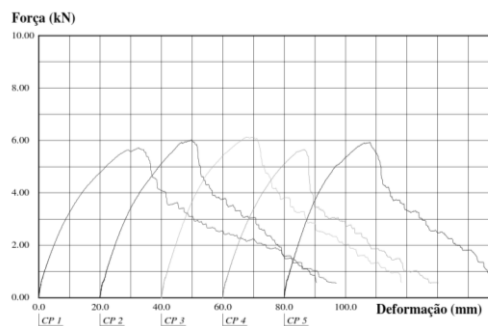


Figura 16. FM PP luego de someterlo a 160 °C de mezcla asfáltica convencional.

Las curvas presentan el comportamiento del poliéster y el polipropileno a tracción, antes y después de ser sometidos a una mezcla asfáltica a alta temperatura. Para los materiales HSK PET y MAC PET, las curvas manifiestan picos de carga y descarga producto del rompimiento de los filamentos que conforman una fibra de acuerdo a la estructura de los materiales como se observara en la Figura 3.

Determinación de módulo secante (Jsec)

Se determina el módulo secante (se toma como expresión de la rigidez) como el cociente entre la carga por unidad de ancho, expresado Kilonewton/metro correspondiente a un valor determinado de deformación

especifica (c). Figura 17.

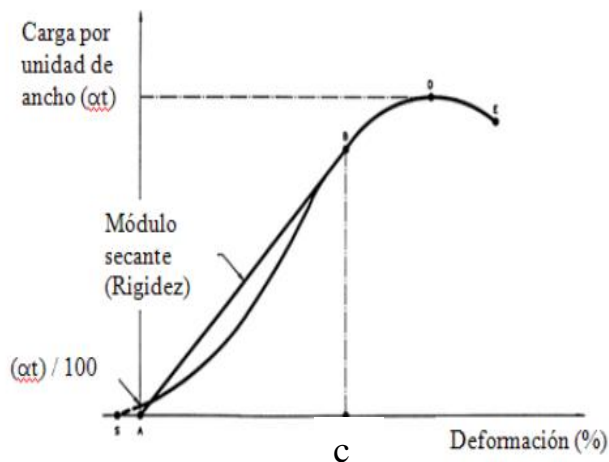


Figura 17. Curva típica carga vs. deformación Fuente: IRAM 78012

La Tabla 3 presenta el módulo secante medio, correspondiente a deformaciones de 2%, 5% y 10%, de los diferentes materiales geosintéticos antes y después de ser expuestos a diferentes temperaturas.

Se aprecia una reducción en la rigidez de los materiales con el incremento de la temperatura.

Discusión de resultados.

Se certifica que los materiales estudiados, que corresponden al grupo de los termoplásticos, reaccionan frente a los cambios de temperatura.

Generalmente, el nivel de resistencia es el parámetro que define la elección del tipo de material a ser empleado en la estructura del pavimento, sin embargo, deben realizarse estudios referentes a las condiciones de obra a la cual estarán expuestos para avalar las ventajas y desventajas que cada uno ofrece.

Tabla 3. Valores Jsec de los materiales geosintéticos seleccionados en la investigación.

Material	sin contacto con mezcla	mezcla a 140 °C	mezcla a 160 °C
	Jsec (KN/m)	Jsec (KN/m)	Jsec (KN/m)
HSK PET	274,59	249,35	231,37
MAC PET	229,30	168,95	156,14
RBK PET	111,12	106,51	90,69
FM PP	203,61	226,33	214,04

Nota: los valores de Jsec medio se obtienen para las deformaciones de 2%, 5% y 10%

Las curvas carga/deformación de los distintos materiales presentan comportamientos marcadamente diferentes.

Los materiales HSK PET y MAC PET presentan comportamientos similares de resistencia frente al aumento de la temperatura; reducen en bajo porcentaje su resistencia, con leve aumento en su deformación, siendo más evidente en el material MAC PET de acuerdo a los resultados expresados en la Tabla 2 y Tabla 3. Esta diferencia se debe a la conformación, disposición y cantidad de fibras que conforman el material, el que resulta ser diferente como se observara en la Figura 3.

El material RBK PET manifiesta un notable incremento en su deformación con el aumento de la temperatura, conservando la resistencia debido a que los filamentos en poliéster, embebidos en la masa de la membrana, se van alineando en la dirección de la carga produciéndose una deformación permanente hasta su rotura repentina (Tabla 2). Este tipo de material, que presenta alta deformación, no resulta conveniente para disipar las tensiones que se producen en la extremidades de una fisura, debidas a la carga del tránsito y/o climáticas, ya que el pavimento trabaja efectivamente a bajas deformaciones.

El material FM PP presenta leve incremento en su deformación con pequeño aumento en su resistencia a la tracción, a medida que la temperatura de colocación y compactación de la mezcla asfáltica convencional sobre el material aumenta (Tabla 2).

Para el material FM PP con polipropileno se observa niveles de resistencia a tracción superiores, con el incremento de la temperatura de mezcla asfáltica, que para al material MAC PET en poliéster, manifestando paralelamente incremento en la deformación.

Se observa la reducción de la rigidez (Jsec) de los materiales al ser expuestos a temperatura creciente de la mezcla asfáltica (Tabla 3). En particular para el material FM PP se evidencia un incremento de la rigidez con la temperatura, esto se debe a que la membrana asfáltica que compone este

material se rigidiza con el período térmico al cual se expone.

Los materiales FM PP y RBK PET conformados en parte por una membrana asfáltica, ofrecen una importante ventaja que reside en la impermeabilización de la capa subyacente una vez que la fisura se genera en la capa superior del pavimento.

Los materiales HSK PET y MAC PET poseen un geotextil no tejido en polipropileno adosado a las fibras en poliéster cuya finalidad es facilitar la instalación, este generalmente debe fundir a la temperatura de colocación de la mezcla asfáltica, el mismo no ofrece resistencia a la tracción al material.

Las fibras alineadas en la dirección de la carga trabajan mejor que las distribuidas aleatoriamente como puede identificarse en los materiales HSK PET y MAC PET en comparación con el RBK PET los cuales están conformados por el mismo tipo de fibra (poliéster).

Los materiales Geosintéticos se importan en Argentina desde 1930; con el inicio de la investigación y conjuntamente con empresas nacionales que invirtieron en equipos, se avanzó en la línea de producción y control de calidad de ciertos tipos de materiales geosintéticos.

Los materiales desarrollados han sido introducidos entre el 2010 y el 2012, en diferentes obras de Buenos Aires y La Plata, otorgando grandes beneficios a la estructura del pavimento. Las obras se encuentran actualmente monitoreadas, realizando extracción de testigos en zonas donde fueron colocados los materiales y en donde no fueron introducidos, de manera de estudiar comparativamente el comportamiento de los materiales, encontrando que los mismos mantienen el desempeño esperado a la fecha.

CONCLUSIONES

Se constato mediante el ensayo FTIR, que la composición química de las fibras que componen los materiales son poliéster y polipropileno.

Es importante verificar la temperatura admisible del polímero empleado en la confección del material geosintético, el cual debe ser resistente a la temperatura de aplicación de la mezcla asfáltica y a las solicitaciones mecánicas de instalación.

Los resultados de resistencia a la tracción aseguran el uso de los materiales, ya sean conformados por poliéster o polipropileno, en la rehabilitación de pavimentos con refuerzo de mezcla asfáltica convencional en caliente. En este sentido, las grillas conformadas por fibras alineadas en poliéster brindan mayor efectividad para coser una fisura, la cual tenderá a propagar en la capa de refuerzo del pavimento, al otorgar mayor resistencia con menor deformación que las fibras en polipropileno.

Para el material FM PP se aprecia un incremento en los niveles de resistencia, luego de ser sometido a las temperaturas indicadas. De las observaciones realizadas en los ensayos de laboratorio, este comportamiento se debe al ciclo de temperatura y enfriamiento que sufre la membrana asfáltica adosada al geotextil tejido en polipropileno, manifestando mayor rigidez según los resultados expresados en la Tabla 3.

Este material presenta buen desempeño aportando impermeabilidad al ingreso de agua en las capas subyacentes de la estructura del pavimento una vez que la fisura alcanza el nivel superior de la capa de rodadura.

Si bien el poliéster es más resistente que el polipropileno, es posible alcanzar niveles de resistencia a la tracción semejante a través de la confección de materiales compuestos, como se ha logrado a través de la producción del material FM PP, logrando suplir la importación de materiales capaces de afrontar la problemática de los pavimentos fisurados.

En el marco de la investigación se desarrollaron materiales capaces de afrontar la problemática del deterioro de pavimentos, contribuyendo mediante la innovación productiva al desarrollo tecnológico de Argentina.

AGRADECIMIENTO

El trabajo es parte de la tesis doctoral "Grillas poliméricas en sistema anti-reflejo de fisuras bajo solicitaciones dinámicas", dirigida por el Dr. Carlos A. Giudice y financiada por la SCTyP y la UTN FRLP.

REFERENCIAS

International Geosynthetic Society (IGS).
<http://geosyntheticssociety.org/>

Montestruque Vilchez G. Estudios de sistemas anti-reflexão de trincas na restauração de pavimentos asfálticos. (Tese Mestrado em Ciências de InfraEstrutura de Transporte), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, Brasil, 118 p. (1996).

Dirección Nacional de Vialidad (DNV). Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, 217 p. (1998).
<[http://www.vialidad.gov.ar/corredores%20viales/archivos/2 llamado%20licitacion/CAPITULO I ORI.pdf](http://www.vialidad.gov.ar/corredores%20viales/archivos/2%20llamado%20licitacion/CAPITULO%20I%20ORI.pdf)>

Vanden Eynde S. et al. "Thermal behaviour of homogeneous ethylene-1-octene copolymer and linear polyethylene at high pressures", Polymer; 41(Nº9), pp. 3411-3423, (2000).

Hesse M.; Meier H.; Zehh B. "Métodos espectroscópicos en química orgánica". Ed. Síntesis. Madrid, España. 370 p. (1995).

Instituto de normalización y certificación de materiales, IRAM 6838, Asfalto para uso vial. Clasificación y requisitos. Edición 22-3-2002, pp. 1-12, (2002).

Instituto de normalización y certificación de materiales, IRAM 6596, Asfaltos modificados para uso vial. Clasificación y requisitos. Edición 28-7-2000, pp. 1-12, (2000).

Instituto de normalización y certificación de materiales, Norma IRAM 78012, Ensayo de tracción con probetas anchas. Geotextiles y productos relacionados, Edición 20-4-2001, pp. 1-16, (2001).

UTN-INTI-CIT. Geosintéticos. Desde la fabricación a su aplicación en obra, Primera edición, ISBN: 950-42-0043-5, 316 p. (2003).

Contreras Normabuena, Juan; Zamora Barraza, David; Castro Fresno, Daniel; Vega Zamanillo, Ángela. Análisis térmico de geosintéticos utilizados en la rehabilitación de pavimentos, Revista chilena de ingeniería. 17 (N °1), pp. 95-100, (2009).