

# **COMPORTAMIENTO DE GEOTEXILES NO TEJIDOS USADOS EN SEPARACIÓN DE CAPAS DE PAVIMENTOS**

Maria Paula Salazar Susunaga<sup>(1)</sup> & Ennio Marques Palmeira<sup>(2)</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Ibagué, Facultad de ingeniería, Ibagué, Tolima, Ibagué,

Email: maria.salazar@unibague.edu.co

<sup>2</sup> Universidad de Brasilia, Departamento de ingeniería civil y ambiental, Brasilia, Brasil, Email :

palmeira@unb.br

Palabras clave: Geotextiles, separación y pavimentación.

## **ABSTRACT**

The non-woven geotextiles are used in the separation of the layers of pavements to avoid the contamination of the materials and the weakening of the structure. In order to study the behavior of different non-woven geotextiles in pavements an equipment has been created made up of a bipartite cylinder of 20 cm in diameter and 37 cm in height, where the materials are deposited in layers, initially the floor of the subgrade, then the geotextile and the gravel that simulates the base. On top of the last layer a metal plate is placed connected to a hydraulic system that applies a cyclic load of 10 kN with a frequency of 1 Hz; the pressures in the subgrade layer are measured using pressure transducers. Different non-woven geotextiles were tested and show good performance in road pavements.

## **INTRODUCCIÓN**

En los últimos tiempos las cargas, los volúmenes de tráfico y los fuertes cambios climáticos han producido que los proyectos viales sean más exigentes y que los ingenieros de diseño tengan que buscar nuevas alternativas para reducir el impacto de estos cambios en las estructuras, logrando construir vías más resistentes y duraderas.

La Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas ( 2014) asegura que una vía en mal estado aumenta el consumo de combustible en 34% y disminuye la velocidad de los vehículos, lo que conlleva a afectar el usuario final de los pavimentos económicamente.

Por lo anterior, es necesario construir vías más durables y resistentes, por lo que es

fundamental incluir dentro de la construcción de las estructuras viales nuevos materiales, como los geosintéticos, que representan una alternativa para problemas en la pavimentación como: drenaje, separación de capas de pavimentos, erosión, impermeabilización y refuerzo de subrasantes blandas.

Los geosintéticos son materiales que tienen varias clasificaciones de acuerdo con su función y su fabricación pueden ser: geotextiles tejidos o no tejidos, geomallas, georredes, geoceldas, geotubos, geoexpandidos entre otros, cada uno de ellos tienen diferentes funciones (Bidim Mexichem, 2009). Como se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Usos de los diferentes tipos de geosintéticos (Bueno & Vilar, 2004).

<i>Geosintético</i>	<b>Separación</b>	<b>protección</b>	<b>filtración</b>	<b>drenaje</b>	<b>Erosión</b>	<b>Refuerzo</b>	<b>Impermeabilización</b>
Geotextil	X	X	X	X	X	X	X
Geomalla	X					X	
Geomembrana							X
Geocompuesto arcilloso							X
Geocelda		X			X	X	
Geotubo				X			
Geofibras						X	

Los geotextiles son materiales muy versátiles con semejanza a una manta, capaces de brindar solución a problemas geotécnicos

comunes. Ellos pueden ser tejidos o no tejidos y ser utilizados en funciones diferentes. Se diferencian en el proceso de fabricación, en el orden de sus filamentos y en su resistencia. Los geotextiles no tejidos son los que no tienen un orden patrón en sus filamentos mientras que los tejidos son formados por cintas horizontales y verticales intercaladas entre si (Pavco, 2012).

Los geotextiles no tejidos generalmente son utilizados en funciones como el refuerzo debido a su alta resistencias, su uso en aplicaciones de filtración o separación no es adecuado ya que tienen baja permeabilidad y se colmatan rápidamente.

Los geotextiles no tejidos son de mayor espesor que los no tejidos la unión de sus filamentos puede ser por ligación térmica o por agujado, son ideales para ser utilizados como barrera filtrante o de separación ya que no se colmatan fácilmente y tienen la capacidad de retener las partículas de suelo dejando pasar el aire y el agua.

Un estudio en la universidad Javeriana en Colombia realizado por Fajardo & Rodriguez (1999), estudio la colmatación de diferentes tipos de geotextiles y suelos en sistemas de drenaje pudiendo determinar que en algunos casos el nivel de colmatación llega a valores cercanos a 62%, sin embargo, los geotextiles continuaban teniendo mayor permeabilizas que el suelo. Conforme a lo estipulado en el Manual de diseño de geosintéticos Pavco,

(2012) los geotextiles deben conservar una permeabilidad superior al 50% para garantizar que en caso de colmatación parcial continúe con la porosidad necesaria para pasar los fluidos a través de él.

Cuando un pavimento se encuentra fisurado es propenso de un proceso llamado bombeo de finos que afecta las vías, por definición es la salida de partículas menores de suelo de la subrasante; este proceso crea vacíos entre las partículas mayores, cambiando el comportamiento de la estructura, disminuyendo la resistencia y su vida útil; esta patología se da debido a un manejo ineficiente del agua de escorrentía o a un aumento del nivel freático. Este fenómeno provoca inestabilidad dentro de la estructura vial generando fisuras nuevas que agravan la situación del pavimento (Villibor *et al.*, 2005).

Para mitigar el bombeo de finos y la contaminación de capas próximas pueden ser utilizados geotextiles que sirven como un elemento de barrera que impide la migración de las partículas finas, pero permite el paso de fluidos a través de él (Vertematti, 2004).

Los geotextiles no tejidos utilizados como elemento separador (Ver Figura 1) traen beneficios como:

- Disminución de las deformaciones en la superficie del pavimento y la subrasante.

- Disminución del espesor de las capas.
- Aumento de la vida útil del pavimento.
- Mayor rapidez en la construcción y reducción de las actividades de mantenimiento.

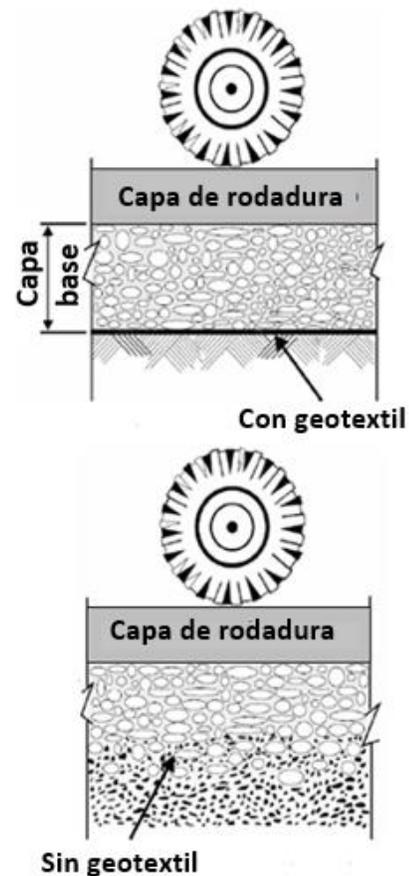


Figura 1. Comparación de un pavimento con geotextil y sin geotextil (Zornberg *et al.*, 2008)

La finalidad de esta investigación es estudiar el impacto que tienen los geotextiles no tejidos como elementos separadores de capas de pavimentos con ayuda de un equipo que mide deformaciones y poro presiones en una estructura bicapa.

## EQUIPO

Este trabajo fue realizado con un equipo de carga cíclica proyectado para estudiar el comportamiento de los geotextiles no tejidos como elementos separadores en pavimentos. El equipo es formado por un cilindro bipartido de 25 cm de diámetro y 37 cm de altura, donde son colocados el suelo de subrasante, el elemento de separación y la capa base. Una placa metálica conectada a un sistema hidráulico permite la aplicación de la carga cíclica. En la parte lateral del sistema se conectaron medidores de presión con la finalidad de conocer la presión de poros durante los ensayos. La Figura 2 muestra el esquema del equipo utilizado en la investigación.

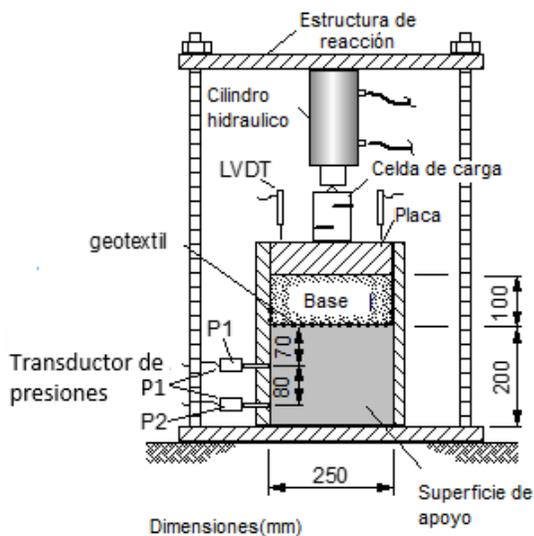


Figura 2. Esquema del equipo utilizado (Susunaga et al, 2018).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados en el estudio fueron: material de subrasante, material de capa base y tres tipos de geotextiles no tejidos. Serán descritos a continuación.

Material de subrasante: el material de subrasante que fue tomado del campo experimental del programa de posgrado en geotecnia de la Universidad de Brasilia, se clasificó como una arcilla laterítica según la metodología MTC. Las propiedades de este material son mostradas en la Tabla 2 y en la es mostrada la curva granulométrica.

Tabla 2. Propiedades del suelo de subrasante.

Propiedad / Unidad	Valor
Peso específico real de los granos (kN/m <sup>3</sup> )	26,98
Límite de liquidez (%)	56
Límite de plasticidad (%)	36
Índice de plasticidad (%)	20
Expansión (%)	0,09

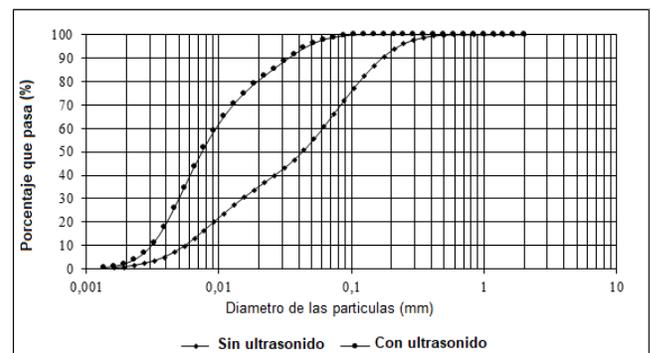


Figura 3. Granulometría del material utilizado.

El material fue recolectado y tamizado por el tamiz Nro.4. En un recipiente metálico fueron colocados 15 kg de material y se llenó el recipiente con agua destilada y fue calentado

por 30 minutos para garantizar la saturación completa del material. Posteriormente el material fue colocado dentro del cilindro para la ejecución de los ensayos siempre conservando una lámina de agua encima del ensayo.

Material de capa base: para el material de capa base fue utilizado un triturado con la granulometría que se muestra en la Figura 4.

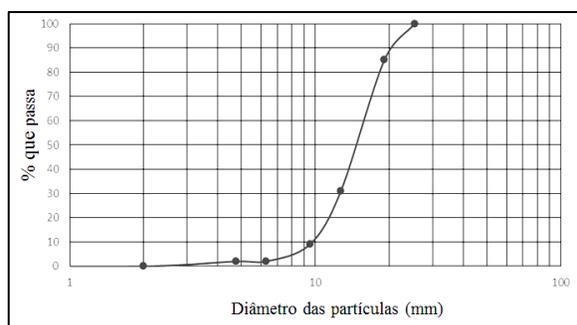


Figura 4. Granulometría del material de capa base.

Tabla 3. Propiedades del material base.

Ensayo realizado	Unidades	Resultado
Máquina de los ángeles	%	15.6
Índice de forma	-	0.6
Caras fracturadas	%	96
Coefficiente de uniformidad		1.6
Densidad del suelo	kN/m <sup>3</sup>	18.8
Límite líquido		NA
Índice de plasticidad		NA

Para los geotextiles se utilizaron tres no tejidos de gramaturas diferentes con las propiedades mostradas en la Tabla 4.

Tabla 4. Propiedades del geotextil utilizado.

Propiedad	Unidades	G-200	G-400	G-600
Masa por unidad de área	(g/m <sup>2</sup> )	200	400	600
Espesor	(mm)	2.9	3.8	5.9
Abertura de filtración <sup>(1)</sup>	(mm)	0.147/0.083 <sup>(2)</sup>	0.130/0.076	0.101/0.073
Coefficiente de permeabilidad	(cm/s)	0.22	0.22	0.22
Porosidad	(%)	93	92	91
Resistencia a la tensión	(kN/m)	10.6	13.0	24.3
Máxima resistencia a la tensión <sup>(2)</sup>	(%)	64	73	67
Resistencia Grab <sup>(3)</sup>	(N)	800	1800	2400
Resistencia al punzonamiento <sup>(4)</sup>	(kN)	2.6	5.2	8.0

Notas: (1) Ensayo ASTM D6767-12 (Palmeira & Trejos-Galvis 2017 and Silva 2014); (2) Del Ensayo ASTM D4595; (3) Ensayo ASTM/4632; (4) Ensayo ASTM/6241; (5) Ensayo ASTM/D3786.

## INSTRUMENTACIÓN

Para el monitoreo de deformaciones, carga y presiones fueron utilizados tres tipos de sensores. Fueron utilizados 3 LVDTs como los que son mostrados en la Figura 5 (a), su funcionamiento es de tipo inductivo y su precisión es de 0.1 mm. Para el control de la carga aplicada fue utilizada una celda de carga de capacidad de 5 toneladas como es mostrada en la Figura 5(b) y por último fueron utilizados dos transductores de presión para medir la presión de la subrasante ubicados como se muestra en la Figura 6.

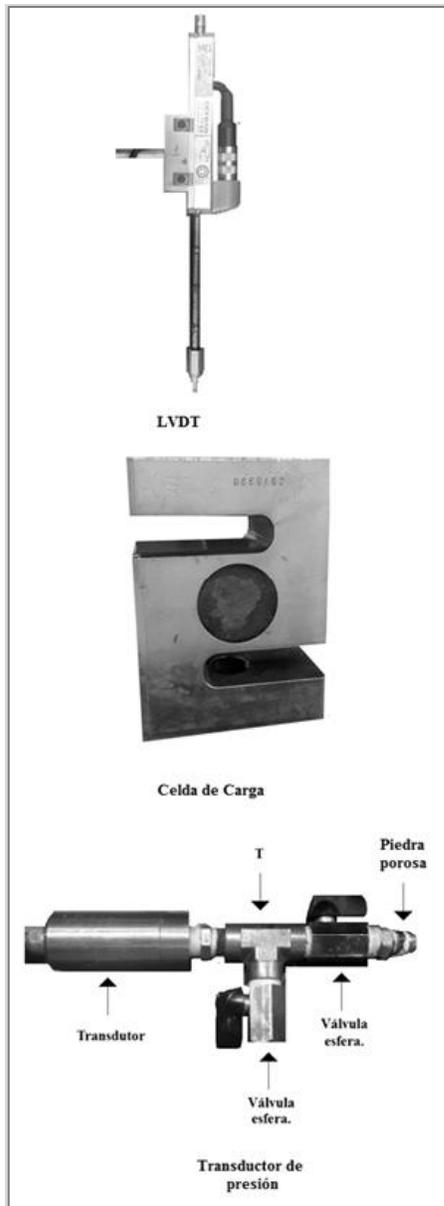


Figura 5. Sensores utilizados en el estudio.

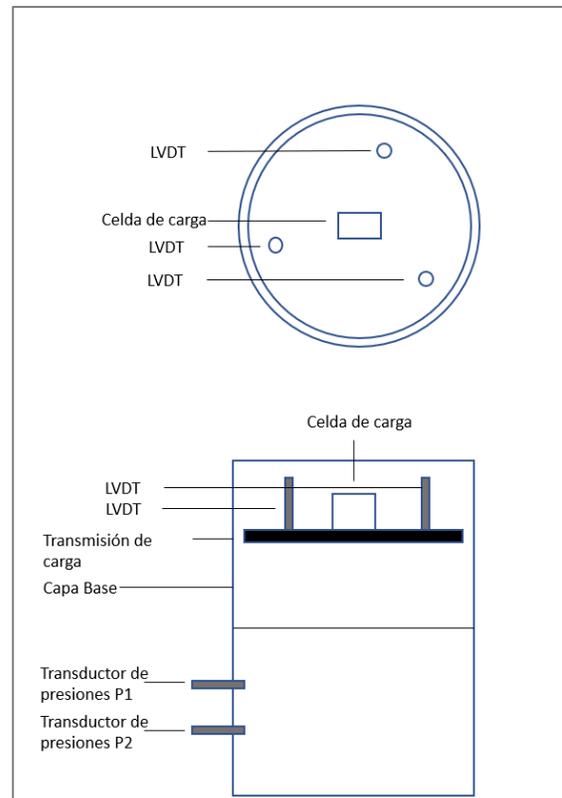


Figura 6. Ubicación de la instrumentación utilizada en los ensayos.

## METODOLOGIA

El procedimiento de los ensayos se divide en tres partes, la fase preliminar, la fase de ejecución y la fase posterior. La fase preliminar es la etapa de preparación de los materiales y ubicación de estos dentro de la cámara, La fase de ejecución es la etapa donde se realizan los ensayos y la fase posterior es en la que se hace el desmontaje del ensayo y los estudios posteriores.

En la fase preliminar se preparó el suelo mezclándolo con 4 litros de agua, se calentó hasta asegurar que no había aire en la mezcla,

se dejó reposar y se vertió dentro de la cámara del equipo. Se dispuso la cámara colocando el elemento separador y vedando la unión de los dos cilindros. Posterior a esto se colocó la capa base, luego la placa de transmisión de carga y se inicia el ensayo con una frecuencia de 1 Hz y una fuerza de 10 kN.

En la etapa de ejecución se midió la deformación y las poropresiones dentro de la subrasante, manteniendo siempre la carga constante; en total fueron realizados 150.000 ciclos.

En la fase posterior de los ensayos se realizó el desmontaje de las capas de suelo y se retiró el geotextil separador, para realizarle ensayos posteriores de resistencia a tracción y retención de finos.

Para la realización de este estudio fueron realizados 4 ensayos, 3 de ellos con geotextiles distintos y uno sin geotextil; cada ensayo será nombrado según el peso por área del geotextil como es mostrado en la Tabla 5.

Tabla 5. Nombre de los ensayos según el peso por área.

Nombre	Peso por área del geotextil
S-200	200
S-400	400
S-600	600
S-SG	Sin geotextil

La organización de los materiales dentro del cilindro es mostrada en la Figura 7. La primera capa corresponde al suelo de subrasante de baja capacidad portante, seguida por el geotextil, luego por el material de capa base y por último la placa de acero responsable de la transmisión de carga.

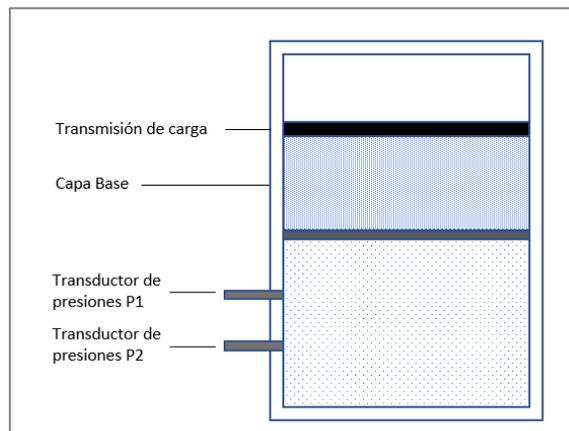


Figura 7. Organización de los materiales en el cilindro de ensayo.

## ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos con este trabajo están divididos en deformación superficial, poro presiones e índice de impregnación del geotextil.

### Deformación superficial

La deformación superficial total de los ensayos es mostrada en la Figura 8, donde se puede observar que el ensayo S-SG tiene aproximadamente 20% más deformación con respecto a los ensayos con geotextil, mientras que los ensayos S-600, S-400 y S-200 tienen

resultados muy similares. En ese caso la selección de que elemento separador usar debe hacerse teniendo en cuenta que este debe resistir la instalación y debe mantener los poros libres permitiendo el paso de fluidos durante la vida útil de la estructura.

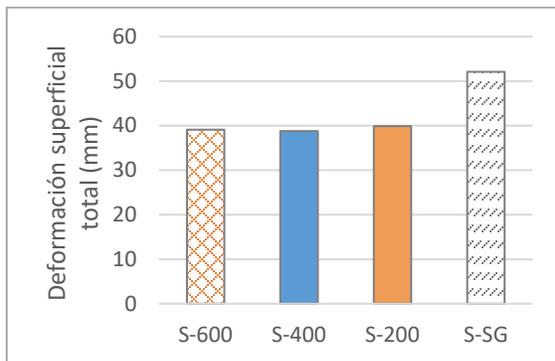


Figura 8. Deformación total de todos los ensayos.

La deformación superficial a través de la aplicación de los ciclos de carga tenía una tendencia diferente en los ensayos con geotextil y en el ensayo sin elemento separador (Figura 9). Los ensayos con geotextil tienden a estabilizarse disminuyendo la tasa de deformación mientras que en el ensayo sin geotextil continúa aumentando.

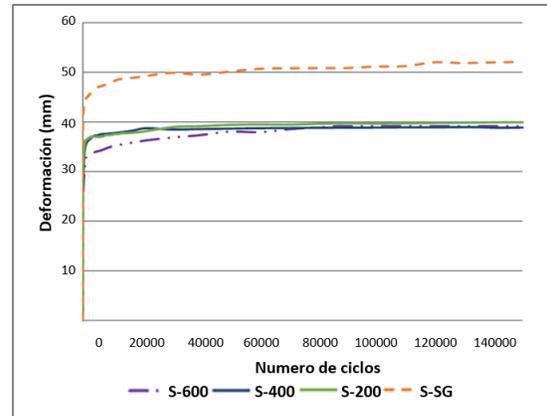
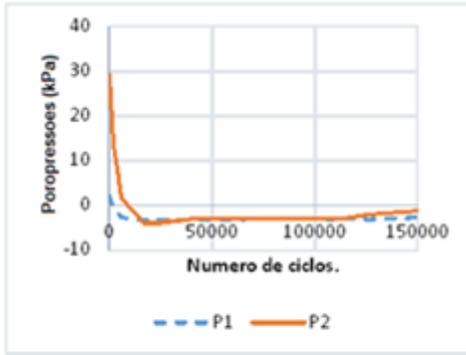


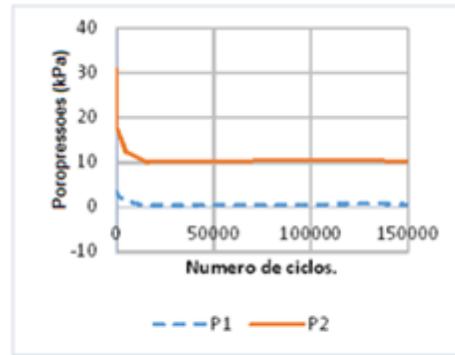
Figura 9. Deformación superficial vs. Número de ciclos.

### Poros presiones

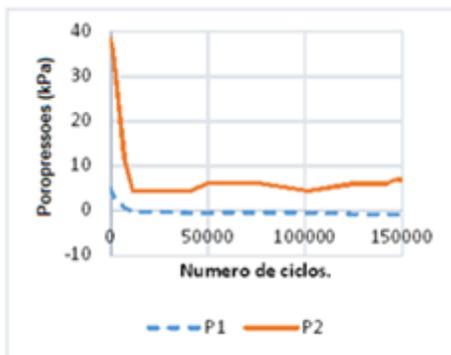
Las poropresiones obtenidas en los ensayos de los piezómetros P1 y P2 son mostradas en la Figura 10. Se puede observar que las mayores poro presiones son obtenidas con el piezómetro P2 que es el que está ubicado a mayor distancia del geotextil. Esto se debe a que el piezómetro P1 sufre la succión causada por la carga cíclica. Del mismo modo se puede observar que el ensayo que muestra mayores poro presiones es el ensayo sin elemento separador indicando que el geotextil no tejido ayuda a la disipación de poro presiones.



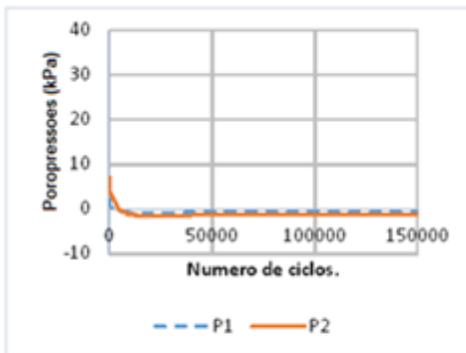
(a) Ensayo S-200



(d) Ensayo S-SG



(b) Ensayo S-400

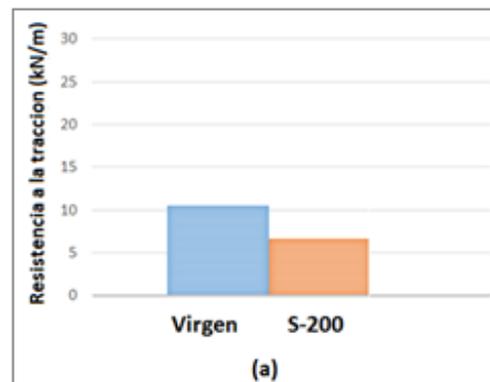


(c) Ensayo S-600

Figura 10. Poropresiones resultantes en los ensayos.

### Resistencia a la tracción y deformación de los geotextiles

Cada geotextil fue sometido a la prueba de resistencia a la tracción, antes y después de los ensayos. Se realizó la comparación de los resultados de muestras vírgenes y de las muestras utilizadas en los ensayos, logrando observar que el geotextil de menor peso por metro cuadrado es el más afectado mostrando una mayor pérdida de resistencia, como se ve en la Figura 11.



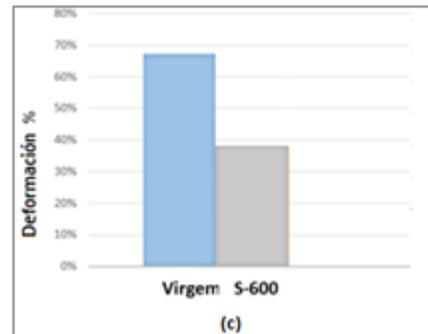
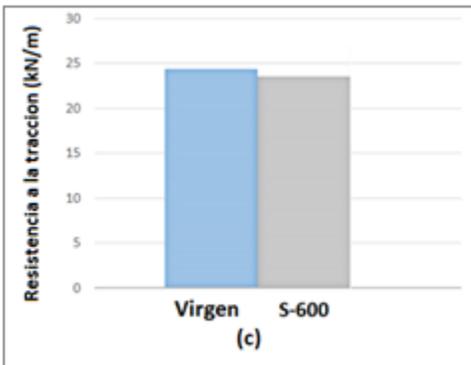
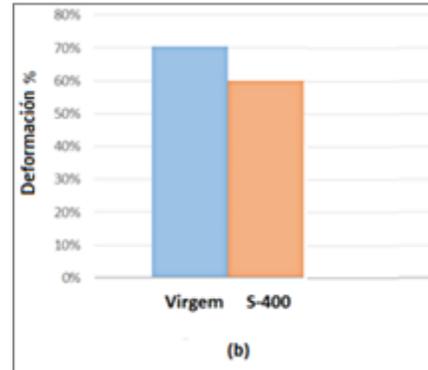
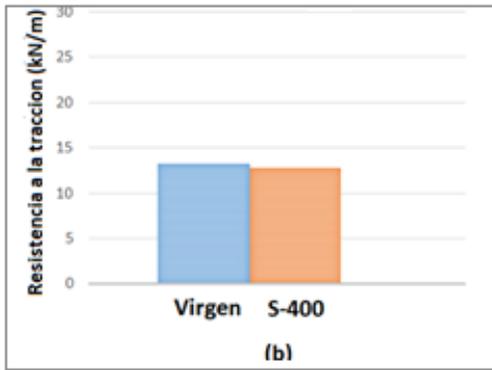


Figura 11. Resistencia a la tracción de los geotextiles usados en los ensayos.

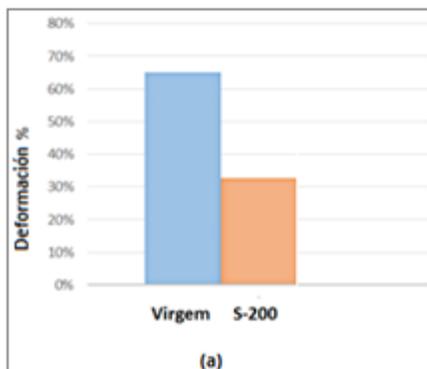
Figura 12. Resultados de las pruebas de resistencia a tracción

Se estudió la capacidad de deformación de los geotextiles hasta la ruptura antes y después de la realización de los ensayos observando que el que disminuyo más su capacidad de deformación fue el de menor gramatura como se observa en la Figura 12.

### Índice de impregnación de los geotextiles

Los geotextiles no tejidos utilizados como elementos separadores deben dejar libre el paso de los fluidos y retener el paso de los finos, pero algunas veces es retenido un porcentaje de partículas que colmatan el geotextil haciendo que pierda eficiencia. En la investigación se tomó el peso inicial de los geotextiles y se calculó el índice de impregnación para tener una idea clara de cuanto material quedo dentro del geotextil.

El índice de impregnación en el geotextil con mayor peso por metro cuadrado fue menor que en los otros dos, es decir que este



geotextil tiene menos posibilidades de tener colmatación a lo largo de su vida útil.

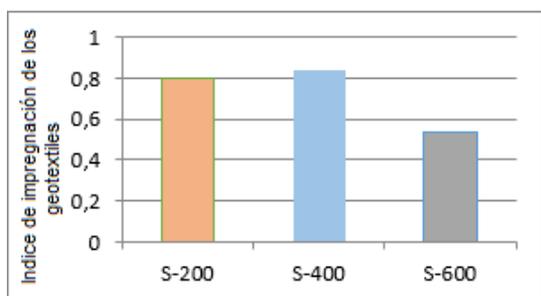


Figura 13. Índice de impregnación de los geotextiles.

La impregnación del material de base también tuvo una mejora notoria ya que los ensayos en los que se utilizó geotextil, este se veía limpio mientras que en los que no se utilizaba las partículas de grava quedaban mezcladas con el material de subrasante. Ver Figura 14 y Figura 15.



Figura 14. Estado del material de base en los ensayos sin geotextil.



Figura 15. Estado del material de base en los ensayos con geotextil.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este artículo presentó el desarrollo de ensayos en sistemas base-geotextil-subrasante estudiando tres geotextiles no tejidos en la función de separación de capas. El sistema fue sometido a cargas cíclicas con frecuencias de 1 Hz. De los experimentos y los análisis fueron obtenidos los siguientes resultados.

El resultado del uso de los geotextiles no tejidos como elemento separador fue una disminución de las deformaciones en todos los casos, se observó que las deformaciones superficiales tienden a estabilizarse mientras que el ensayo sin geotextil continua la deformación con una tasa constante.

En los ensayos con geotextil se notó que la capa de material base salió prácticamente limpia al contrario del ensayo sin geotextil donde el material de capa base se incrustó en el de subrasante siendo mezclados totalmente.

En los ensayos con geotextil no se evidenció una diferencia significativa de deformaciones superficiales ni en las poropresiones generadas en la subrasante.

Comparando los resultados obtenidos de los ensayos con los tres geotextiles fue posible observar un comportamiento similar en los valores de deformación y generación de poropresiones, pero en lo que se refiere a retención de partículas de la subrasante en el geotextil y los ensayos de resistencia a la tracción no se recomienda la utilización de geotextiles de gramatura menor a 400 g/m<sup>2</sup> teniendo en cuenta que el geotextil debe resistir durante la instalación y toda la vida útil del pavimento.

### Referencias bibliográficas

ASTM 4632. . Standard test method for grab breaking load and elongation of geotextiles. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM 6241.. Standard test method for static puncture strength of geotextiles and geotextile-related products using a 50-mm probe. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM D3786.. Standard test method for bursting strength of textile fabrics—diaphragm bursting strength tester

method. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM/D4595. Standard test method for tensile properties of geotextiles by the wide-width strip method. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM D6767-12. Standard test method for pore size characteristics of geotextiles by capillary flow test. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

Bidim Mexichem. (2009). Soluções em geossintéticos 40 anos. São Paulo.

Bueno, B. S., & Vilar, O. M. (2004). Propiedades, Ensaio e Normas. In *Manual Brasileiro de geossintéticos* (Edgar Bluc, pp. 25–62). São Paulo.

Fajardo, A., & Rodriguez, S. (1999). *Diseño Racional de Elementos Filtrantes para Sistemas de Subdrenaje*. Pontificia Universidad Javeriana.

Pavco, D. de ingeniería-G. (2012). *Manual de Diseño con Geosintéticos*. Bogota D.C. Colombia.

Potti, J. J. (2014). IX Jornada Nacional de Asefma. *Asfalto y Panimentación*, 4(13), 60.

- Susunaga, Maria; Palmeira, Ennio; Araujo, G. (2018). Performance of nonwoven geotextiles as separators for pavement applications. *Southeast Asian Geotechnical Society Seags*, 49(4), 8.
- Vertematti, J. C. (2004). *Manual Brasileiro de Geossintéticos*.
- Villibor, D. F., Fortes, R. M., Fortes, F. Q., & Nogueira, C. (2005). Deterioração estrutural de bases de solo-cimento e granulares. In *Reunião Anual de Pavimentação – 36ª RAPv, Curitiba*.
- Zornberg, J. G., Prozzu, J., Gupta, R., Rong, L., McCartney, J. S., Ferreira, J. Z., & Nogueira, C. (2008). *Validating Mechanisms in Geosynthetic Reinforced Pavements*. University of texaas at Austin.