

## Estudio de una geogrilla en refuerzos asfálticos a través de la compresión diametral

Fernández Arnau, Daniel; Ricci, Luis Agustín; Delbono, Héctor Luis

**Daniel Fernández Arnau**

UTN – Facultad Regional Paraná, Argentina

**Luis Agustín Ricci**

LEMaC, Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP  
– CIC PBA, Argentina

**Héctor Luis Delbono**

hdelbono@frlp.utn.edu.ar

LEMaC, Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP  
– CIC PBA, Argentina

### Ingenio Tecnológico

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

ISSN-e: 2618-4931

Periodicidad: Frecuencia continua

vol. 4, e036, 2022

ingenio@frlp.utn.edu.ar

Recepción: 07 Diciembre 2022

Aprobación: 27 Diciembre 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2663014011/>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

**Resumen:** Las geogrillas comercializadas como sistema retardador de fisuras reflejas en pavimentos asfálticos actúan a través de la absorción de las tensiones de tracción generadas en la masa asfáltica.

Se implementa un ensayo que genera tracción en el plano del material de refuerzo, poniendo de manifiesto la interacción del sistema mezcla asfáltica – geogrilla. Los valores de tensión de tracción se hallan en forma indirecta por medio de cálculos, mediante la aplicación de cargas conocidas de compresión diametral sobre especímenes cilíndricos de dimensiones establecidas, y confeccionados con mezcla asfáltica de propiedades mecánicas estudiadas.

Un segundo efecto que se estudia en este trabajo es la transformación de una única fisura principal en varias micro fisuras diseminadas en una longitud extendida, en caso de que el mecanismo anti-fisuras reflejas funcione como lo predice la teoría, evidenciando la variación de la resistencia a compresión diametral al realizar la comparativa entre muestras con y sin refuerzo, ante las mismas condiciones de confección de probetas y ensayo.

Otro análisis que se aborda consiste en el estudio de la variación del módulo de rigidez (según norma UNE-EN 12697-26) sobre muestras con y sin refuerzo. Esta determinación se realiza por medio de equipamiento con parámetros de temperatura, frecuencia y carga controlados, capaz de emitir pulsaciones de carga en forma neumática.

Se logra una mejor comprensión del mecanismo de acción del refuerzo geosintético para oponerse a la propagación del agrietamiento en la masa asfáltica. Esto requiere una deformación considerable en la sección de discontinuidad para permitir su efecto.

**Palabras clave:** Geosintético, Geogrilla, Refuerzo de pavimento, Mezcla asfáltica en caliente, Compresión diametral, Rigidez, Módulo dinámico, Tensión indirecta.

**Abstract:** The geogrids marketed as a reflex crack retarding system in asphalt pavements act through the absorption of the traction stresses generated in the asphalt mass.

A test that generates traction in the plane of the reinforcement material is implemented, revealing the interaction of the asphalt mix system - geogrid. The tensile stress values are found indirectly through calculations, through the application of known diametral compression loads on cylindrical specimens of established dimensions, and made with asphalt mix of studied mechanical properties.

A second effect that is studied in this work is the transformation of a single main crack into several microcracks scattered over an extended length, in case the reflex anti-crack mechanism works as predicted by theory, evidencing the variation of the resistance. to diametral compression when making the comparison between samples with and without reinforcement, under the same conditions of preparation of specimens and test.

Another analysis that is addressed consists of the study of the variation of the rigidity modulus (according to the UNE-EN 12697-26 standard) on samples with and without reinforcement. This determination is made by means of equipment with controlled temperature, frequency and load parameters, capable of emitting load pulses pneumatically.

A better understanding of the mechanism of action of geosynthetic reinforcement to oppose crack propagation in the asphalt mass is achieved. This requires considerable deformation in the discontinuity section to allow its effect.

**Keywords:** Geosynthetic, Geogrid, Reinforcement pavement, Hot mix asphalt, Diametral compression, Stiffness, dynamic modulus, Indirect tension.

## 1. INTRODUCCIÓN

El paso continuo de vehículos genera, sobre la estructura de un pavimento, ciclos de carga y descarga que somete a los diferentes materiales que la componen a un estado de esfuerzos y deformaciones variables, en función de la magnitud de la carga que actúa sobre ella y del tiempo de duración de la misma.

Durante un ciclo los materiales no se recuperan en su totalidad de la deformación a la que han sido sometidos, por lo que la deformación original total se considera dividida en dos partes: una deformación plástica o permanente y una deformación elástica o resiliente. Con el incremento de los ciclos, la deformación permanente se va acumulando, aunque dicha deformación en cada ciclo consecutivo va siendo menor, hasta llegar al ciclo N donde prácticamente se recupera toda la deformación inducida. Al final de este proceso el material describe prácticamente la misma curva de carga y descarga y la deformación permanente tiende a ser muy pequeña, considerando para fines de análisis que el comportamiento del material es fundamentalmente elástico, por lo que se puede caracterizar con el denominado módulo dinámico. (NORIEGA, 2010).

Los métodos recientes para el diseño de pavimentos emplean el parámetro de módulo resiliente para la caracterización mecánica de los materiales que conforman su estructura, debido a que representa el comportamiento de los suelos ante la acción dinámica del tránsito, recreando de forma más real el estado de esfuerzos de deformaciones al que se ve sometido (NORIEGA, 2010).

En el presente trabajo se enmarca en el proyecto de investigación titulado “*ESTUDIO DEL DESEMPEÑO DE GEOSINTÉTICOS PARA REFUERZO DE CONCRETOS ASFÁLTICOS A TRAVÉS DE LA COMPRESIÓN DIAMETRAL*”, realizado conjuntamente entre la Facultad Regional Paraná (FRP), y el LEMaC Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP - CIC PBA de la Facultad Regional La Plata (FRLP). En el mismo se evalúa la respuesta mecánica de una mezcla asfáltica convencional, reforzada mediante la colocación de un producto geosintético, previo a la incorporación de la capa estructural superior. La evaluación se efectúa mediante ensayos que contemplan solicitaciones del tipo tracción indirecta por compresión diametral. Los resultados obtenidos se comparan con la respuesta de la mezcla asfáltica sin la incorporación del producto geosintético en la interfase.

Las pruebas sometidas a compresión diametral se realizan sobre probetas cilíndricas dispuestas en el instrumento de ensayo con el eje en la dirección horizontal, y se les aplica una carga que puede ser estática o cíclica a través de dos cabezales dispuestos en dos generatrices diametralmente opuestas en el plano vertical, Figura 1.

Para la determinación de la resistencia a tracción indirecta se registran las cargas aplicadas, sin obtener información sobre las deformaciones inducidas en las probetas; para los ensayos de determinación de módulo dinámico se registra un diagrama de pulsos de carga en el tiempo y las deformaciones horizontales provocadas. Bajo estas acciones se producen tensiones de compresión y de tracción.

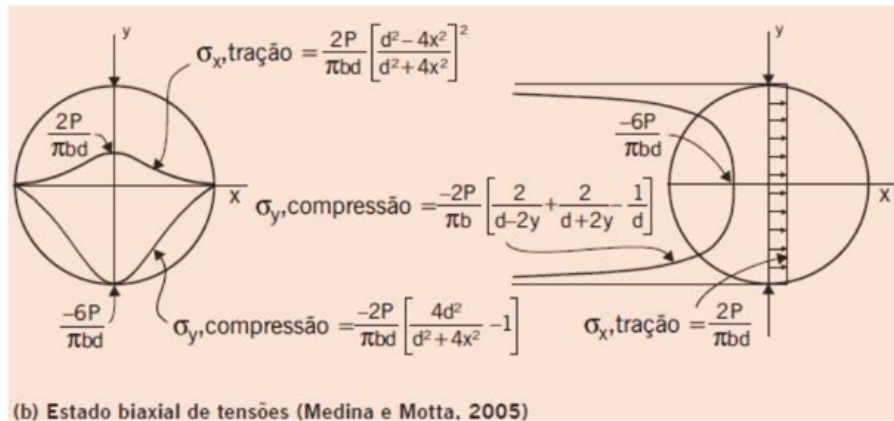


FIGURA 1

Estado biaxial de tensiones en una probeta bajo compresión diametral (BERNUCCI y MOTTA, 2008).

Se plantean los siguientes objetivos:

- Ampliar el conocimiento sobre la variación de la respuesta estática y dinámica de las mezclas asfálticas reforzadas con geosintéticos, mediante la determinación del módulo de rigidez, como así también la resistencia a la tracción indirecta.
- Interpretar el mecanismo de acción que ejerce el refuerzo geosintético para oponerse a la transmisión de fisuras por reflexión.

## 2. DESARROLLO

### 2.1 Descripción general

La investigación, que resulta ser innovadora por no encontrar metodología y ensayos de estas características con incorporación de geosintéticos, se basa en evaluar la respuesta mecánica de un grupo de probetas elaboradas en laboratorio en dos capas de mezcla asfáltica convencional, construidas en forma independiente, en las cuales se incorpora un producto geosintético (geogrilla) en la interfase, adherido mediante un riego asfáltico. Se las compara con otro grupo de probetas elaborado de la misma manera sin la incorporación de la geogrilla.

El producto geosintético de refuerzo se ubica en coincidencia con el plano horizontal que pasa por el centro de la sección de la probeta cilíndrica, Figura 1, en el cual se genera indirectamente el esfuerzo de tracción, a través de la ejecución de ensayos de tracción por compresión diametral y de módulo de rigidez.

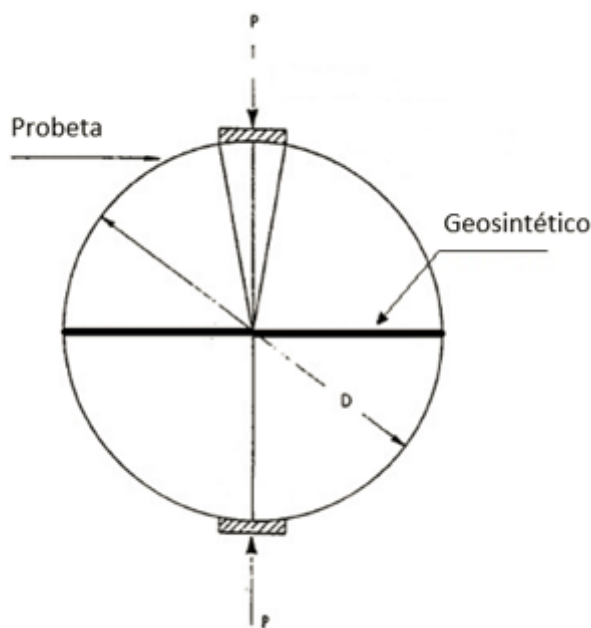


Figura 2

Detalle de la ubicación del refuerzo geosintético respecto de la dirección de aplicación de la carga.

## 2.2 Marco normativo

Las normas seleccionadas para la ejecución de los ensayos del presente trabajo son las siguientes:

- Para el ensayo de Tracción Indirecta por compresión diametral de mezclas asfálticas, Norma NLT-346/90.
- Para el ensayo de Módulo de Rigidez de mezclas asfálticas, Norma EN 12697-26/2019.

## 2.3 Materiales empleados

### 2.3.1 Mezcla Asfáltica

La mezcla asfáltica se obtiene de la repartición pública de la ciudad de La Plata y de una empresa constructora de la región. La misma es empleada en las obras viales urbanas de la zona y proviene de una planta asfáltica, cuya elaboración se efectúa bajo una dosificación y producción controlada. La mezcla asfáltica es llevada a horno tras ser fraccionada de manera de elevar su temperatura para el moldeo de las probetas. Su almacenamiento se realiza en un recinto cerrado, protegido de la intemperie. Los ensayos realizados sobre la mezcla asfáltica son los siguientes: Contenido de cemento asfáltico, Ensayo Marshall, Densidad Rice, Análisis granulométrico.

#### *Contenido de cemento asfáltico:*

Se determina el contenido de cemento asfáltico por recuperación, según la Norma VN-E69-78, resultando de 4,8%. El cemento asfáltico empleado es del tipo CA-20, con las siguientes características según Norma IRAM 6835/2002.

- Viscosidad a 60 °C (dPa s) 1600 a 2400
- Viscosidad a 135 °C (mPa s) 300
- Índice de penetración de Pfeiffer -1,5 a +0,5

*Ensayo Marshall:*

En la Tabla 1 se indican los valores del ensayo realizado según la VN-E9-86, en las tres probetas confeccionadas.

**TABLA 1**  
Ensayo Estabilidad- Fluencia-Marshall.

Tabla 1. Ensayo Estabilidad- Fluencia-Marshall.

Probeta					Ensayo				Relación E/F	Vacíos (%)
Nº	Peso en aire (g)	Peso sumergido (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Lectura del dial		Estabilidad (MPa)	Fluencia (mm)		
					divisiones	Factor				
1	1208,4	687,0	521,4	2,318	128	1,0	1056	3,0	3520	5,0
2	1207,9	691,0	516,9	2,337	146	1,0	1205	2,8	4303	4,3
3	1200,9	684,6	516,3	2,326	128	1,0	1056	3,4	3106	4,7
Promedio:				2,327						

*Ensayo de Densidad Rice:*

En la Tabla 2 se indican los valores del ensayo realizado.

**TABLA 2**  
Determinación de la densidad Rice.

<b>Peso Muestra (gr)</b>	<b>P1</b>	<b>904,0</b>
<b>Volumen Muestra (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>V1</b>	<b>370,4</b>
<b>D<sub>máx</sub> (Densidad Rice) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Dr=P1/V1</b>	<b>2,441</b>

*Análisis granulométricos:*

En la Tabla 3 y en la Figura 3 se indican las características granulométricas de los áridos componentes de la mezcla asfáltica, en muestras extraídas a pie de planta.

**TABLA 3**  
Granulometría de los áridos recuperados en planta.

Tabla 3. Granulometría de los áridos recuperados en planta.

Tamices (mm)	% que pasa		
	Límite inferior según especificaciones	Curva de salida de planta	Límite superior según especificaciones
19,0	100	100	100
12,7	85	86,8	100
4,8	53	54,4	80
2,0	35	37,2	60
0,42	20	22,8	40
0,177	10	10,8	30
0,075	3	3,8	10

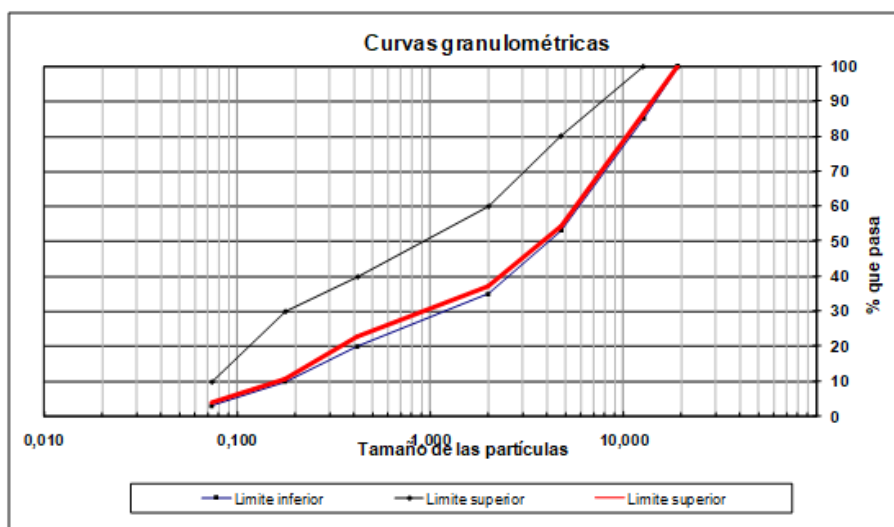


FIGURA 5  
Curvas granulométricas de la mezcla asfáltica utilizada.

### 2.3.2 Emulsión Asfáltica

La emulsión asfáltica se coloca en la inter-capa que coincide con el plano medio horizontal de las probetas. Su función es adherir la capa existente inferior con la capa nueva superior de la mezcla asfáltica.

En el caso del empleo de geosintéticos, mediante la misma se adhiere el refuerzo con la capa asfáltica existente. La posterior adherencia entre dicho refuerzo geosintético y la nueva capa asfáltica, dadas las especificaciones técnicas del geosintético utilizado, se realiza sin un nuevo riego de emulsión. No obstante, es importante acotar que algunos productos similares necesitan un riego adicional de adherencia.

Se emplea una emulsión asfáltica del tipo catiónica de rotura rápida, para la ejecución de los riegos de liga. Sus propiedades técnicas se presentan en la Tabla 4.

TABLA 4  
Características de la Emulsión Asfáltica empleada.

Tabla 4. Características de la Emulsión Asfáltica empleada.

Ensayo	Unidad	Norma IRAM	Valor	Límite Inferior	Límite Superior
Sobre la emulsión					
Viscosidad Saybolt - Furol a 25 °C	SSF	6721	32	20	--
Residuo asfáltico por destilación	%	6719	62,5	62	--
Residuo sobre barniz IRAM 850 µm (#20)	%	6717	0,04	--	0,1
Sobre el residuo asfáltico					
Penetración (25 °C, 100g, 5s)	0,1 mm	6576	86	70	100

La dotación del riego de liga se obtiene del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para riegos de liga con emulsiones asfálticas de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), en su Tabla 4 “Dotación del riego

de liga” de la edición del 2017 se cita que la dotación debe estar comprendida entre los valores de 0,25 a 0,40 (Kg/m<sup>2</sup>) de residuo asfáltico. Se toma una dotación óptima de emulsión asfáltica de 0,4 (Kg/m<sup>2</sup>) de residuo asfáltico, según experiencias previas de adherencia entre capas asfálticas con geosintéticos. (RICCI, 2011).

### 2.3.3 Geosintético

El geosintético empleado se compone de un producto mixto que combina una geogrilla de poliéster recubierta de material bituminoso, que cumple la función de refuerzo, adherida a un geotextil No Tejido en polipropileno, cuya función es facilitar la instalación sobre la capa asfáltica inferior.

Para la constatación de la resistencia a tracción de la geogrilla, se efectúan ensayos de tracción por el método de banda ancha según norma IRAM 78012, utilizando el equipo disponible en el LEMaC.

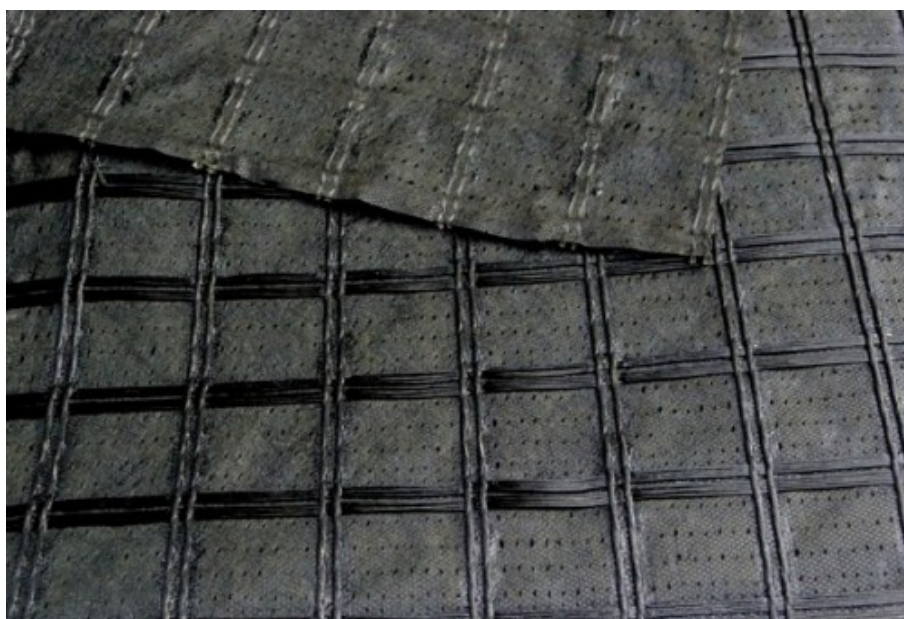


FIGURA 4  
Geogrilla empleada

La Tabla 5 y la Tabla 6 presentan los resultados obtenidos del software de ensayo.

TABLA 5  
Resumen del ensayo a tracción de la geogrilla Dirección principal. (Sentido paralelo al rollo)

Corpo de Prova	Largura (mm)	Compr. Base (mm)	Força @Força Max. (kN)	Força/Larg. @Força Max. (N/m)	Deformação @Força Max. (mm)	Deformação @Colapso1 (mm)
CP 1	200	100	8.4	42011	16.0	16.7
CP 2	200	100	8.1	40653	16.8	19.2
CP 3	200	100	8.6	43129	18.9	21.4
CP 4	200	100	7.9	39471	17.0	19.9
CP 5	200	100	8.4	41883	17.6	18.8
Número CPs	5	5	5	5	5	5
Média	200.0	100.0	8.286	41430	17.25	19.19
Mediana	200.0	100.0	8.377	41880	17.01	19.17
Desv. Padrão	0.0000	0.0000	0.2805	1403	1.060	1.713
Coef. Var. (%)	0.0000	0.0000	3.386	3.386	6.144	8.927
Mínimo	200.0	100.0	7.894	39470	16.02	16.71
Máximo	200.0	100.0	8.626	43130	18.87	21.41

Colapso1 - ponto da curva correspondente ao nível de colapso: : 50.0 %

**TABLA 6**  
Resumen del ensayo a tracción de la geogrilla. Dirección secundaria. (Sentido perpendicular al rollo)

Corpo de Prova	Largura (mm)	Compr. Base (mm)	Força @Força Max. (kN)	Força/Larg. @Força Max. (N/m)	Deformação @Força Max. (mm)	Deformação @Colapso1 (mm)
CP 1	200	100	6.4	31788	14.0	20.3
CP 2	200	100	5.5	27619	14.9	18.4
CP 3	200	100	6.0	29967	13.5	19.2
CP 4	200	100	7.2	36197	15.4	20.3
CP 5	200	100	5.4	27108	11.6	15.5
Número CPs	5	5	5	5	5	5
Média	200.0	100.0	6.107	30540	13.89	18.74
Mediana	200.0	100.0	5.993	29970	14.01	19.21
Desv. Padrão	0.0000	0.0000	0.7362	3681	1.472	1.989
Coef. Var. (%)	0.0000	0.0000	12.05	12.05	10.59	10.61
Mínimo	200.0	100.0	5.422	27110	11.61	15.49
Máximo	200.0	100.0	7.239	36200	15.44	20.33

Colapso1 - ponto da curva correspondente ao nível de colapso: : **50.0 %**

Seguendo lo indicado por la norma, se realiza el cálculo de la resistencia a tracción por unidad de longitud de la geogrilla. Ecuación 1.

$$\sigma_f = F_f \times C$$

Ecuación (1)

donde:

$\sigma_f$  es la resistencia a la tracción (Kilonewton por metro)

$F_f$  es la carga máxima registrada (Kilonewton)

C: En un coeficiente según el tipo de producto. Para el caso de la geogrilla analizada,  $C = 5$

Finalmente, la resistencia a la tracción obtenida resulta:

Dirección principal ( $\sigma_f'$ ) =  $8,29 \times 5 = 41,45$  KN/m

Dirección perpendicular ( $\sigma_f''$ ) =  $6,11 \times 5 = 30,55$  KN/m

## 2.4 Confección de probetas

Las probetas empleadas en los ensayos de tracción indirecta por compresión diametral se confeccionan con una pre-fisura, mientras que las probetas destinadas a la determinación de los módulos dinámicos se proyectan continuas, sin pre-fisura.

Se emplea un total de cuatro tipos de probetas para la ejecución de los ensayos:

- Sin geogrilla - sin pre fisura (Módulo de Rigidez)
- Sin geogrilla - con pre fisura (Tracción Indirecta)
- Con geogrilla - sin pre fisura (Módulo de Rigidez)
- Con geogrilla - con pre fisura (Tracción Indirecta)

Las dimensiones de las probetas se seleccionan en base a la norma UNE-EN 12697-30/2019, Sección C.3.1.1, considerando que en el espesor de las mismas queden incluidos un total de dos espacios (dos fibras resistentes más dos separaciones). Quedando probetas constituidas de 100 mm de diámetro y 75 mm de espesor. Figura 5.

El producto geosintético tiene una abertura de malla de 40 x 40 mm.



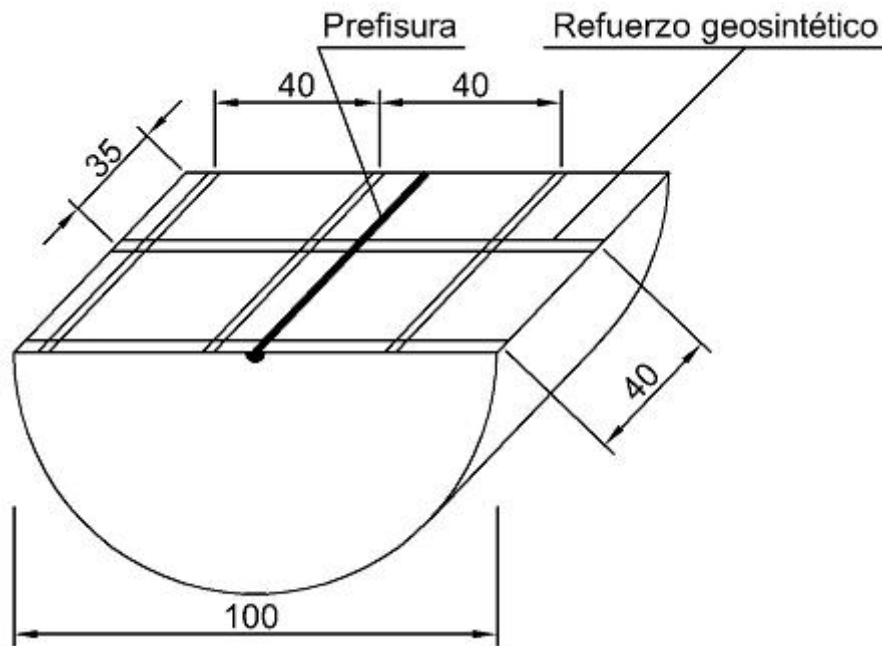


FIGURA 5  
Sección de una probeta de ensayo

El proceso de elaboración de las probetas es vital, para el cual se elaboraron moldes ad-hoc a los fines de moldear capas de dimensiones que permitan obtener los sistemas de capas a estudiar, de los cuales se extraen las probetas a ensayar mediante calado de núcleos de ensayo, para obtener el espesor adecuado de las probetas.

La secuencia de la Figura 6 a la Figura 8 presenta los pasos del moldeo y obtención de las probetas en el laboratorio.

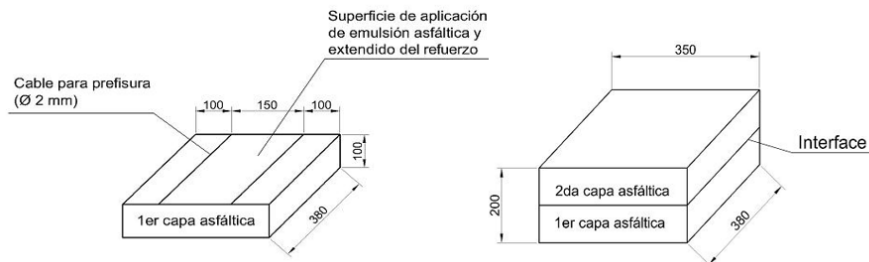


FIGURA 6  
Primera capa de 10 cm de espesor. Luego inter-fase y segunda capa con o sin geosintético según corresponda.

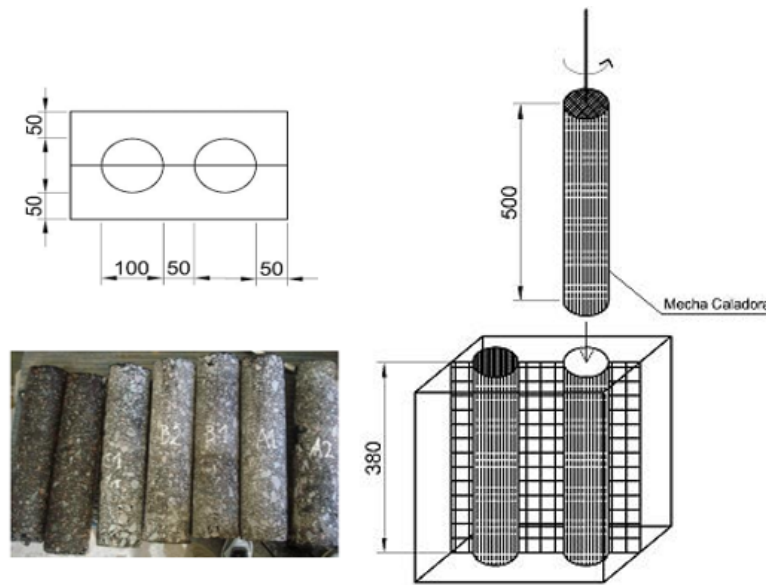


FIGURA 7  
Esquema para la extracción de las probetas con mecha caladora.

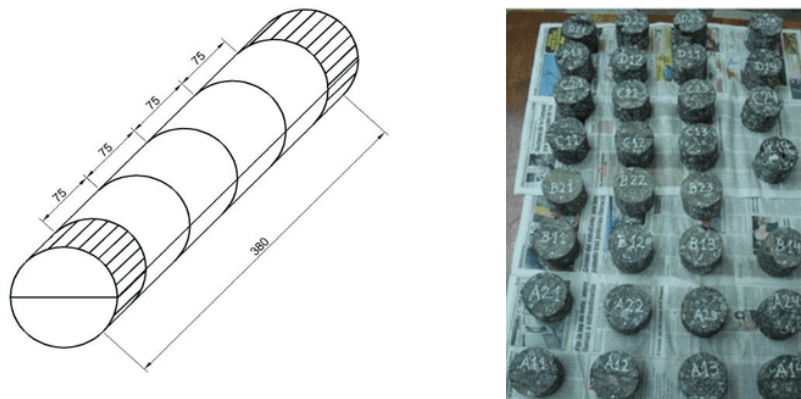


FIGURA 8  
Cortes para ejecutar en los núcleos extraídos del macizo asfáltico.

## 2.5 Ejecución de los ensayos

La influencia de la temperatura sobre el comportamiento de una mezcla asfáltica ante la acción de cargas se puede describir a grandes rasgos como dos condiciones antagónicas. Las bajas temperaturas brindan un comportamiento rígido de la mezcla asfáltica donde la aparición de fisuras y su correspondiente propagación son aquellos fenómenos que determinen su capacidad de carga. Por el contrario, las altas temperaturas producen una mezcla menos rígida, más deformable, dando deformaciones permanentes mayores, para un mismo estado de tensiones, en este caso la rotura se alcanza por deformaciones excesivas.

Por otro lado, el objetivo de este estudio es el análisis del desempeño del refuerzo geosintético, el cual es producido y comercializado como un producto anti-propagación de fisuras de reflexión a las capas nuevas de repavimentación asfáltica, tras la rehabilitación de un pavimento.

Por lo expuesto, se adopta el empleo de temperaturas medias a bajas para el presente estudio, probando la concentración de tensiones característica de una fisura con la consecuente tracción que ha de ser resistida por el geosintético, poniendo de manifiesto su aporte resistente.

Finalmente, empleando el criterio de los párrafos anteriores, recomendaciones de diversas normas y trabajos e investigaciones realizadas, se decide el empleo de los escalones de temperatura de 5, 25 y 40°C.

### 2.5.1 Ensayo de tracción Indirecta por Compresión Diametral (NLT-346/90)

Las probetas permanecen 24 horas bajo condiciones de temperatura controlada. Para el acondicionamiento térmico se emplea la técnica de baño maría, Figura 10. Inmediatamente antes de ejecutarse el ensayo se retiran para ser dispuestos en la prensa de ensayo, procediendo a la aplicación de la carga a la velocidad pre-establecida de  $0,85 \pm 0,02$  mm/s (50 mm/min), llevando la muestra hasta la rotura, tomando registro del indicador del aro dinamométrico y de las deformaciones verticales de la muestra. El tiempo empleado para este proceso debe ser menor a los 30 segundos, garantizando así la temperatura de ensayo.

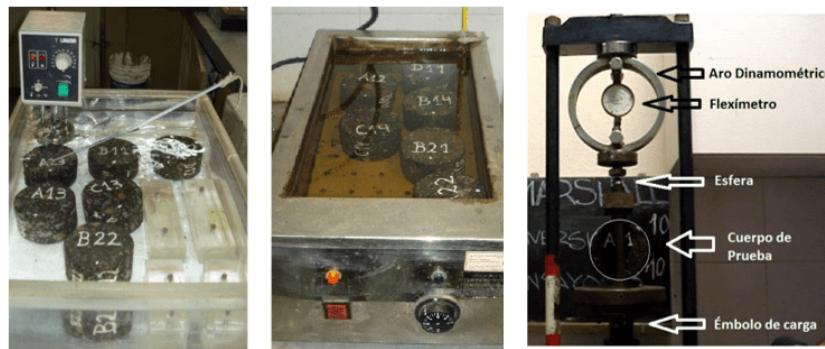


FIGURA 10  
Acondicionamiento de probetas y equipo de ensayo

La Figura 11 a la Figura 13 presentan los resultados de resistencia a tracción indirecta para cada escalón de temperatura y condición del sistema, con y sin refuerzo geosintético.

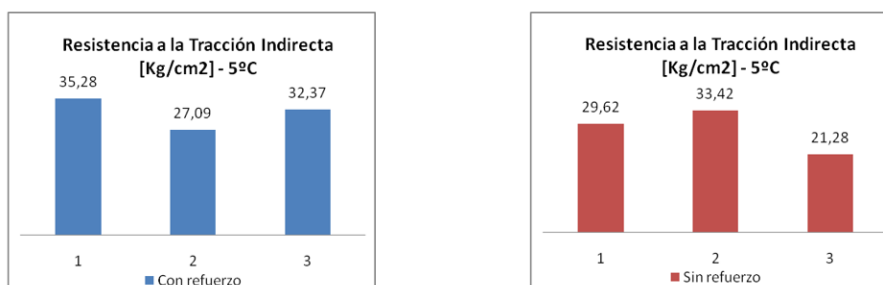


FIGURA 11  
Resistencia a Tracción. Indirecta. – Temperatura 5°C

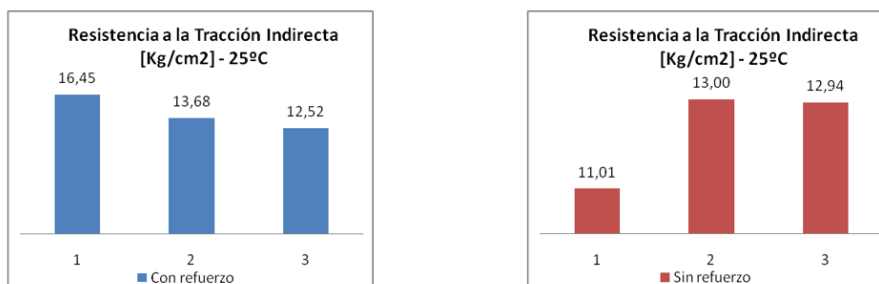


FIGURA 12  
Resistencia a Tracción Indirecta. – Temperatura 25°C

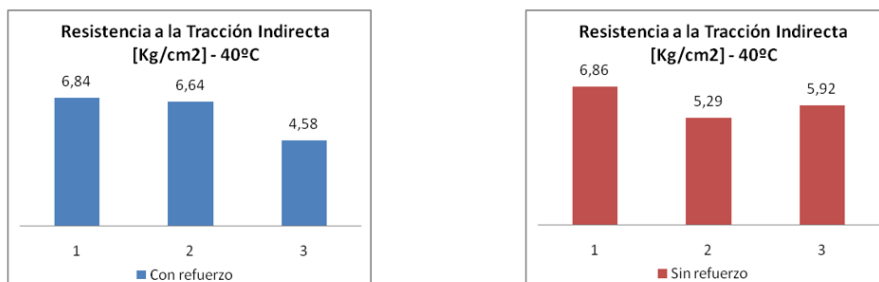


FIGURA 13  
Resistencia a Tracción Indirecta. – Temperatura 40°C

La Figura 14 presenta un ejemplo del estado de las probetas luego de ser ensayadas.



FIGURA 14  
Tracción Indirecta a 40 °C. Probeta con refuerzo (izq.) y sin refuerzo (der.)

### 2.5.2 Ensayo de Módulo de Rigidez (UNE - EN 12697-26/2019)

Las probetas permanecen 24 horas en cámara cerrada bajo condiciones de temperatura controlada al valor del ensayo establecido, en el mismo recinto de acondicionamiento se ubica la máquina de ensayo, permitiendo realizar las operaciones de instalación y ensayo a temperatura constante. Luego se procede a dar comienzo al ensayo que es dirigido a través de una PC, generando 10 pulsos de carga de pre-acondicionamiento. Seguidamente a la aplicación de cinco pulsaciones, se registran las cargas y deformaciones y se generan las curvas de esfuerzos y de deformaciones horizontales respecto del tiempo. Figura 15.

Para cada escalón de temperatura (5, 25 y 40 °C) se ejecutan los ensayos con las siguientes frecuencias de aplicación de carga: 0,33; 0,50; 1,00; y 5,00 Hz. Los ensayos válidos son promediados y se obtienen los valores de Módulo de Rigidez para cada probeta a una temperatura dada y una frecuencia de carga determinada.

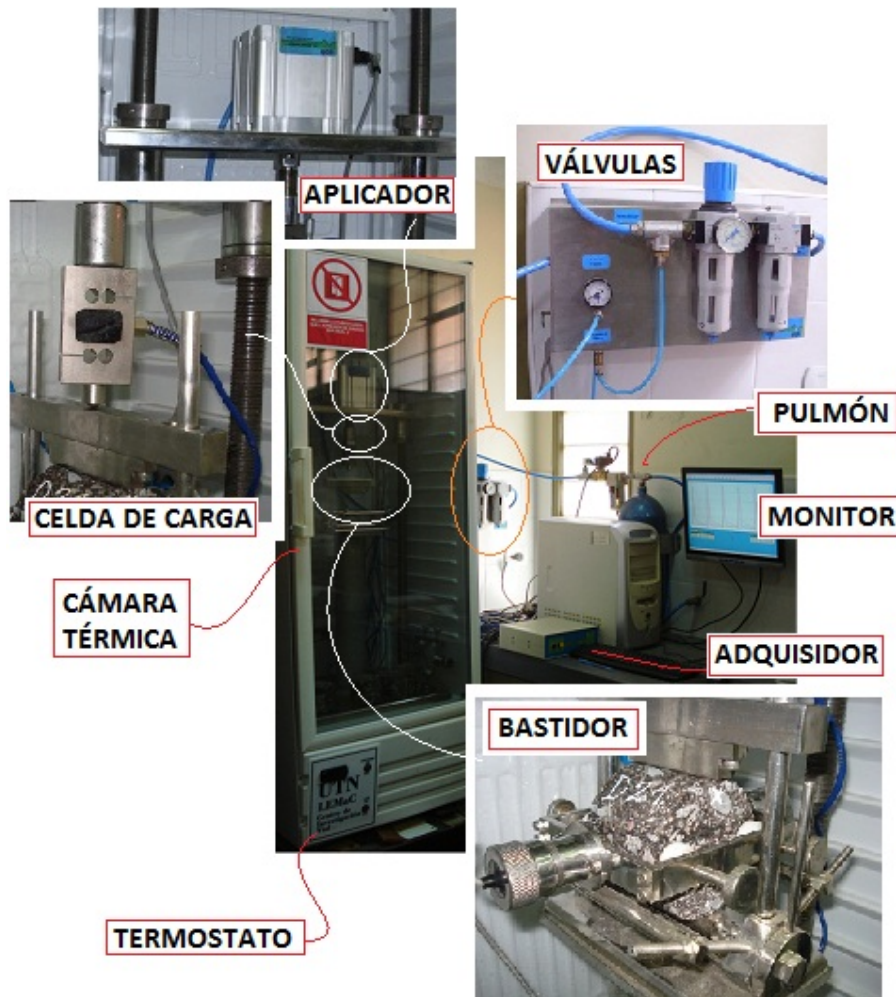


FIGURA 15

Disposición de los elementos que componen un ensayo de determinación de Módulo de Rigidez

En la Figura 16 a la Figura 18 se muestran los resultados obtenidos en cada escalón de temperatura.

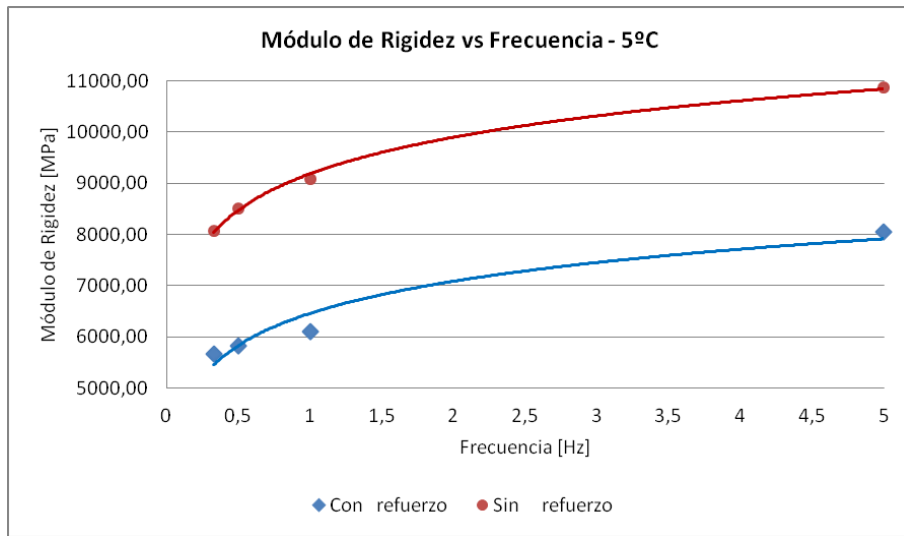


FIGURA 16  
Resultados de Módulo de Rigidez – Temperatura 5 °C

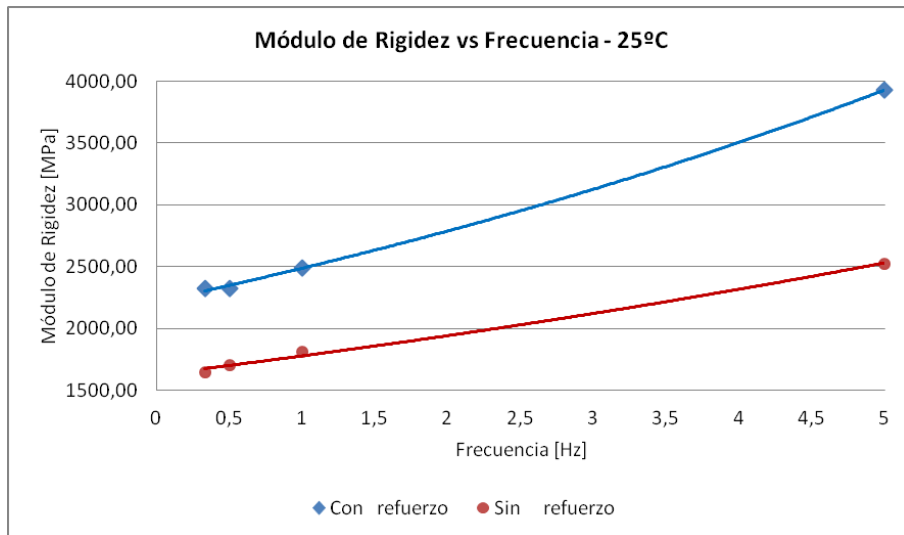


FIGURA 17  
Resultados de Módulo de Rigidez – Temperatura 25 °C

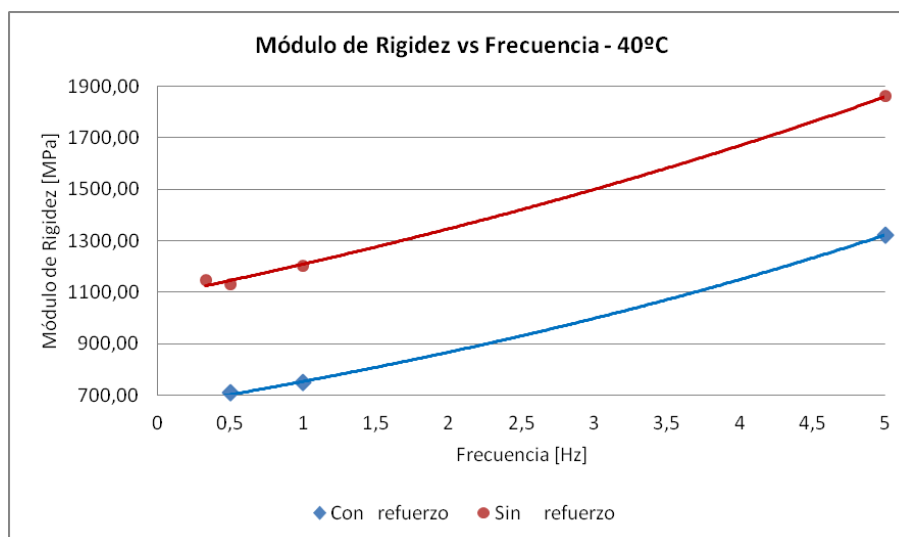


FIGURA 18  
Resultados de Módulo de Rigidez – Temperatura 40 °C

## 2.6 Discusión de los resultados

En el ensayo de Tracción Indirecta, se evidencia un efecto positivo de la resistencia en las pruebas con refuerzo geosintético produciendo un incremento en sus valores que varía según la temperatura de ensayo. En la prueba a 5°C las probetas con refuerzo brindan una resistencia 12,4% mayor que aquellas sin refuerzo. En la prueba a 25°C este porcentaje de aumento en la resistencia a tracción indirecta pasa a ser de 15,4%. Finalmente, para la prueba a 40°C los valores de resistencia final presentan un mismo promedio. De aquí se concluye que el refuerzo influye positivamente en la resistencia a tracción indirecta incrementándola, teniendo su máximo a los 25°C. A su vez se puede hablar de la tendencia con que el efecto positivo de la geogrilla incorporada varía para temperaturas crecientes o decrecientes respecto de su máximo de referencia en el escalón de 25°C, observando que para temperaturas menores el incremento de los valores de tracción indirecta, producido por la presencia de la geogrilla, disminuye a un ritmo de 0,15 (%/ °C), mientras que para temperaturas mayores a la de referencia lo hace a un ritmo mayor, de 1,03 (%/ °C), por lo tanto para temperaturas mayores a 25°C el incremento de resistencia a tracción indirecta, gracias a la incorporación de una geogrilla en su interfase, se reduce a un ritmo de aproximadamente cuatro veces más rápido que para las temperaturas menores a 25°C.

De los ensayos de Módulo de Rigidez se puede decir que, se aprecia una proporcionalidad entre la frecuencia de ensayo y los valores de módulo dinámico obtenidos, siendo mayores estos últimos cuando aumentan los primeros. Además, durante la construcción de las curvas, Figuras 16, 17 y 18, se aprecia una dispersión notablemente mayor de los valores de Módulo, para el valor de frecuencia de 5 Hz, respecto al caso de bajas frecuencias donde es apreciable la concentración de los valores obtenidos. Se evidencia una influencia positiva de la presencia del refuerzo en el escalón de temperatura de 25°C, produciendo un incremento en los valores de Módulo de Rigidez. Esta influencia no se presenta para los dos escalones de temperatura restantes, apreciándose, por el contrario, una disminución de los valores. Éste fenómeno puede verse justificado en el hecho que el ensayo de Módulo de Rigidez trabaja en un rango de cargas y deformaciones recuperables, por lo tanto, en la baja deformación que el material trabaja no pueden desarrollarse las resistencias de tracción que aporta la geogrilla. En ese caso la geogrilla pasa a ser una discontinuidad que no aporta al monolitismo de la estructura, y por ende redundando en menores valores de Módulo de Rigidez.

### 3. CONCLUSIONES

Los objetivos iniciales se enfocaron al desarrollo de una nueva herramienta para el estudio de mezclas asfálticas con interposición de productos geosintéticos como sistemas anti-reflejo de fisuras, en particular geogrillas, en caso de que la misma resulte técnica y económicamente viable.

Se avanza en la comprensión del mecanismo de acción que ejerce el refuerzo geosintético para oponerse a la transmisión de fisuras por reflexión, donde se requiere una deformación apreciable en el plano de discontinuidad para permitir el trabajo de la geogrilla, efecto costura que el material proporciona a la fisura que se genera y propaga.

En el ensayo de Tracción Indirecta por compresión diametral, se puede concluir que una mezcla a 5°C tiene un comportamiento elástico mayor y frágil, la presencia de la geogrilla permite “coser” la zona de mayores deformaciones colaborando en la resistencia, puesto que la carga de rotura se alcanza cuando se supera la capacidad de compresión, tendiente a una rotura frágil sin acusar grandes deformaciones. A medida que la temperatura se hace mayor, aumenta la capacidad de la mezcla de admitir deformaciones antes de la rotura, fluyendo a un ritmo cada vez más acelerado. En la medida que la mezcla asfáltica incrementa su capacidad de deformarse, será menor el aporte que el refuerzo pueda ejercer debido a que la mezcla se desliza por la superficie del material geosintético anulando el efecto de “costura” en el caso de una respuesta más elástica de la muestra.

Para el caso de la evaluación mediante el ensayo de Módulo de Rigidez, no se puede constatar el beneficio de la incorporación de la geogrilla como elemento de refuerzo en la interfase, dado que el rango de cargas y deformaciones producidas se mantiene dentro del límite recuperable, donde la geogrilla necesita mayor deformación para cumplir su función de refuerzo.

### 4. REFERENCIAS

- Noriega, M.H.L. (2010). Tesis de Maestría. Relación entre el Módulo Resiliente hallado por Retro cálculo y el encontrado en Ensayos de Laboratorio. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Bernucci, L.B. y Motta, L.M.G da et. al. (2008). Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. s.l., Petrobrás. Abeda. Brasil.
- Ricci, L. (2011). Tesis de Maestría en Ingeniería del Transporte - Orientación Vial. Evaluación de la Adherencia entre Capas Asfálticas con Inter capa de Geosintético. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

### 5. NORMAS APLICADAS

- Dirección Nacional de Vialidad (2017). Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para riegos de liga con emulsiones asfálticas. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/petg\\_8.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/petg_8.pdf)
- Norma UNE-EN 12697-30 (2019). Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 30: Preparación de probetas mediante el compactador de impactos.
- Norma IRAM 6835 (2002). Asfaltos para Uso Vial - Clasificados Por Viscosidad.
- Norma NLT-346 (1990). Resistencia a compresión diametral (ensayo brasileño) de mezclas bituminosas
- Norma UNE-EN 12697-26 (2019). Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez.
- Norma VN-E69-78 de DNV. Determinación del contenido de asfalto en mezclas en caliente por el método de centrífuga. <http://www1.frm.utn.edu.ar/labvial/Normas%20de%20Ensayo.pdf>
- Norma VN-E9-86 de DNV. Ensayo de estabilidad y fluencia por el método Marshall.
- Norma IRAM 78012 (2001). Ensayo de tracción con probetas anchas.