

Restauración de pavimentos: adherencia entre capas con interposición de geosintético de diferente abertura de malla

Restoration of pavements: adherence between layers with geosynthetic interposition of different mesh opening

H. Delbono^{1*}

* LEMaC - Centro de Investigaciones Viales de la Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires, ARGENTINA

Fecha de Recepción: 16/01/2019

Fecha de Aceptación: 16/04/2019

PAG 307-320

Abstract

Generally, a deteriorated concrete pavement is restored by a layer of asphalt reinforcement. Currently, an appropriate intervention consists of interposing a geosynthetic material to delay the growth of existing fissures in the old pavement towards the new upper layer. The dilemma raised is the adherence that is achieved between the layers of the old and new pavement by interposing a geosynthetic, because the effective operation of a pavement occurs when the layers that make it work together. Previous work experiences showed problems in the adhesion with the interposition of geosynthetics. Therefore, the study of the adhesion between a layer of Portland Cement Concrete and a layer of Conventional Asphalt Mixture is proposed, interposing a geogrid with different mesh opening, using as an adhesion agent an asphalt emulsion modified with polymer. It is found that the mesh opening geogrid that offers the best adhesion performance is that which has a mesh size of 40x40 mm. It is also observed that whatever the mesh size of the material, it generates a benefit compared to the system that does not consider the material, that is, to the intimate contact between concrete-asphalt by emulsion.

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

Resumen

Generalmente un pavimento de hormigón deteriorado se restaura mediante una capa de refuerzo asfáltico. Actualmente, una intervención adecuada consiste en interponer un material geosintético para retardar el crecimiento de fisuras existentes en el viejo pavimento hacia la nueva capa superior. La disyuntiva planteada es la adherencia que se logra entre las capas del viejo y nuevo pavimento al interponer un geosintético, debido a que el funcionamiento efectivo de un pavimento se da cuando las capas que lo conforman trabajan solidariamente. Experiencias previas en obra arrojaron problemas en la adherencia con la interposición de geosintético. Por ello, se plantea el estudio de la adherencia entre una capa de Hormigón de Cemento Portland y una capa de Mezcla Asfáltica Convencional, interponiendo una geogrilla con diferente abertura de malla, utilizando como agente de adhesión una emulsión asfáltica modificada con polímero. Se encuentra que la abertura de geogrilla que ofrece mayor performance en la adherencia es aquel que tiene una abertura de malla de 40x40 mm También se observa que cualquiera sea la abertura de malla del material, este genera un beneficio en comparación con el sistema que no considera al material, o sea al contacto íntimo entre hormigón-asfalto mediante emulsión.

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

1. Introducción

Un pavimento, al cual se puede definir como sistema multicapa (paquete estructural del camino formado por capas de diferentes espesores y materiales) debe actuar solidariamente, para lo cual la relación íntima entre sus componentes es de fundamental importancia, permitiendo que las solicitaciones generadas por el tránsito y las climáticas sean disipadas en el sistema (capas que conforman el pavimento) y no a través del comportamiento individual de cada capa (Tscheegg et al., 1995).

La problemática de la falta de adherencia radica fundamentalmente en una disminución significativa del momento de inercia con respecto a un pavimento con buena adherencia entre sus capas, lo que causa la disminución de la rigidez, de la capacidad estructural y un aumento de las deflexiones observables (Campana y Rozada, 2004).

Cuando la adherencia entre capas es escasa, la carpeta de rodamiento suele fisurarse de manera temprana ante las solicitaciones del tránsito debido al consumo de energía interna del material (Maroni, 1993). Esta falta de vínculo se traduce en una mala o nula distribución de tensiones en el espesor total del pavimento, (Figura 1).

(Ponniah et al., 2006) explica que es conveniente asegurar una buena unión entre capas para que toda la estructura del pavimento actúe como una capa monolítica. (Leng et al., 2008) apoya esta posición e indica que el vínculo entre una capa de HMA (Hot Mix Asphalt) sobre un pavimento de hormigón es uno de los factores importantes que pueden alterar la vida útil del pavimento (Leng et al., 2008).

¹ Autor de correspondencia:

LEMaC - Centro de Investigaciones Viales de la Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires, ARGENTINA
E-mail: delbonoluis@hotmail.com



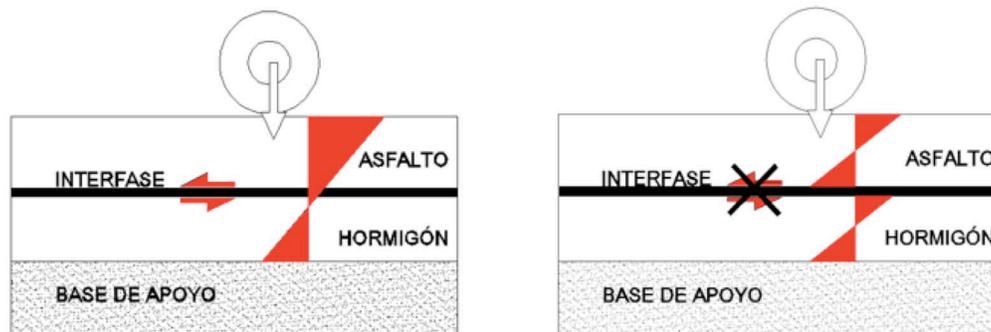


Figura 1. Resistencia del sistema multicapas: izquierda, capas adheridas y derecha, capas sin adherir

La introducción de los materiales geosintéticos entre las capas de un pavimento no se realiza con el objeto de mejorar la adherencia entre capas sino de absorber las tensiones generadas por las cargas externas. No obstante ello, el fenómeno debe ser considerado ya que supone una discontinuidad en la interfase del sistema.

Puede definirse la interfase como una superficie a través de la cual se produce una discontinuidad en uno o más parámetros de los materiales o las propiedades, como densidad, módulo de elasticidad, resistencia, coeficiente de expansión térmica, resistencia a la fractura, etc. (Álvarez, 2005).

Por lo citado anteriormente, el presente trabajo plantea el estudio de la adherencia entre una capa de hormigón y una capa asfáltica, interponiendo una geogrialla con diferente abertura de malla de forma de analizar cual es la dimensión de malla que permite la mayor performance del material con el fin de mejorar la adherencia entre capas.

2. Desarrollo experimental

La medida de las fuerzas de atracción en una interfase sólido-sólido es difícil de determinar. En vista de lo cual se

desarrollan técnicas de medida de la adherencia a través de la determinación de valores de resistencia al corte de la unión. Este método resulta adecuado desde el punto de vista ingenieril porque provee información sobre el comportamiento del sistema.

El sistema a estudiar está conformado por una losa de hormigón (Concreto hidráulico de Cemento Portland), una emulsión modificada con polímero como agente de adhesión (ECRR-M), un material geosintético de malla abierta en poliéster (MAC PET) y una carpeta asfáltica densa convencional tipo CAC D19 utilizada como refuerzo. Se busca cuantificar la adherencia que el geosintético con diferente abertura de malla logra entre las capas en que se coloca, para lo cual se toma como referencia o patrón el sistema descrito, sin material geosintético intermedio entre capas.

2.1 Materiales componentes

2.1.1 Hormigón

El hormigón base de los sistemas fue dosificado en el laboratorio, el cual respeta la fórmula presentada en la (Tabla 1).

Tabla 1. Dosificación del hormigón

Componentes	Peso (kg/m ³)	Densidad (g/cm ³)	Volumen (cm ³)
Agua	163	1,00	0,163
Cemento CPC 40	365	3,06	0,119
A. Grueso 6:12	855	2,67	0,320
Agregado fino	1002	2,65	0,038
Aire			0,015
Superfluidificante	4,9	1,15	0,004
a/c	0,45		1,000
MRm (MPa) =	4,5	Resistencia media a la flexión	
K =	0,75	$f'_{cm} = (MRm / K)^2$	
f'cm (MPa) =	36	Resistencia media a compresión	

2.1.2 Emulsión asfáltica

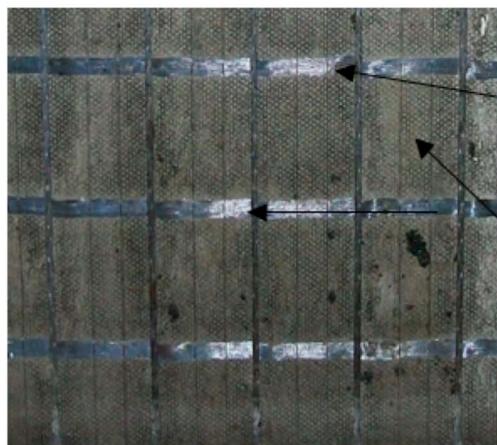
El material utilizado como riego asfáltico (ECRR-M) es brindado por una importante empresa del país. Sobre esta emulsión se realizan los ensayos de caracterización; los parámetros obtenidos se presentan en la (Tabla 2).

2.1.3 Material geosintético

El material seleccionado para estudiar la adherencia en la interfase del sistema, fue obtenido a partir de convenio firmado con importante empresa extranjera (Figura 2).

Tabla 2. Caracterización de la emulsión empleada

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 el residuo de destilación			
Penetración del residuo	0,1 mm	6576	70
Ductilidad	cm	6579	>100



MAC PET
Geocompuesto conformado por **fibras en poliéster** unidas por puntos a una **geotextil no tejido en polipropileno**, de malla cuadrada de 40x40 mm con recubrimiento bituminoso

Figura 2. Material geosintético

2.1.4 Mezcla asfáltica

En la determinación del tipo de mezcla asfáltica a utilizar se tienen en cuenta factores como frecuencia de su uso en repavimentación, materiales de fácil obtención y que cumplan con las especificaciones técnicas de un pavimento de alto tránsito.

Considerando estos factores, la mezcla asfáltica seleccionada, como carpeta de refuerzo sobre el hormigón, es un concreto asfáltico convencional denso elaborado en caliente (CAC D19).

La mezcla es caracterizada mediante las exigencias dispuestas en el Pliego de Especificaciones Técnicas

Generales de la Dirección Nacional de Vialidad, sección D VIII, Bases y carpetas preparadas en caliente, edición 1998 (Dirección Nacional de Vialidad, 1998); mediante las especificaciones del 2006 de la Comisión Permanente del Asfalto, y mediante las Especificaciones Técnicas Generales de concretos asfálticos Densos, Semidensos y Gruesos en caliente, en su punto 3.1 Criterios de dosificación.

La (Tabla 3) presenta los resultados. Los mismos se obtienen mediante el ensayo Marshall, el cual permite caracterizar el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica. Las probetas confeccionadas se ensayan según la Norma VN - E9 - 86 (Norma VN-E9-86, 2008).

Tabla 3. Resultados y exigencias para un Concreto

Asfáltico Convencional CAC D19		
Ensayo	Resultado	Exigencia
Vacíos (%)	3,5	3 - 5
Relación Betún - Vacíos (%)	77	68 - 78
Estabilidad (kg)	919	>800
Porcentaje de vacíos de agregado mineral	15,0	>14
Porcentaje mínimo de ligante (%)	4,9	5,0
Relación Estabilidad – Fluencia (kg/cm)	3465	2500 - 4500

Nota: El cemento asfáltico empleado es del tipo CA-30

3. Ensayos de adherencia para diferente abertura de malla

Se realizan ensayos de adherencia con probetas de 150 mm de diámetro y 100 mm de diámetros como son las probetas Marshall, para estudiar la variabilidad en la adherencia en cuanto al diámetro de la probeta.

3.1 Confección de probetas

Se confeccionan series de tres probetas de 150 mm de diámetro, las cuales son moldeadas por capas de hormigón de 50 mm de espesor, sobre las que se aplica una dotación

de 0,9 l/m² de emulsión ECRR-M, se coloca la geogrilla y se compacta la mezcla asfáltica CAC D19 a 160 °C, mediante el equipo de compactación Metabo (a velocidad 7) compactando durante 3 minutos, (Figura 5).

Se selecciona el material geosintético MAC PET para las experiencias tomándose abertura de malla variable con objeto de analizar la adherencia alcanzada al variar la superficie de contacto entre capas, (Figura 3), (Figura 4), (Figura 5) y (Figura 6). Como comparativa se moldea el sistema de referencia que no incorpora ningún material geosintético en la interfase.



Figura 3. Confección de probetas



Figura 4. Disposición de probeta en el molde



Figura 5. Moldeo de probeta



Figura 6. Probetas moldeadas

3.2 Procedimiento de ensayo

Para la ejecución del ensayo se diseñan las mordazas para aplicar un esfuerzo de corte mediante la maquina a tracción EMIC DL 10000, (Figura 7), la cual es programada a una velocidad de ensayo de 1,27 mm/min.

3.3 Resultados

Los resultados de adherencia considerando distintas aberturas de malla del material MAC PET se presentan en la (Tabla 4).



Figura 7. Disposición de la probeta en el equipo de ensayo

Tabla 4. Adherencia para MAC PET con diferente abertura de malla

Material	Carga en la interfase (kg)	Deformación a carga máx. (mm)	Tensión a carga máx. (MPa)	Trabajo (kg.mm)
REFERENCIA	73,73	2,72	0,06	141,73
MAC PET 20x20 mm	139,64	3,88	0,11	402,94
MAC PET 30x30 mm	143,12	6,64	0,11	626,43
MAC PET 40x40 mm	169,40	5,05	0,14	511,85
MAC PET 60x60 mm	118,23	2,41	0,09	229,73
MAC PET 120x70 mm	111,09	2,92	0,09	234,90

Nota: los resultados son promedio de tres determinaciones

La (Figura 8), (Figura 9), (Figura 10), (Figura 11), (Figura 12) y (Figura 13) muestran las gráficas obtenidas del ensayo de adherencia por corte.

Para la (Figura 12) y (Figura 13) los cálculos de realizan considerando las dos curvas más representativas.

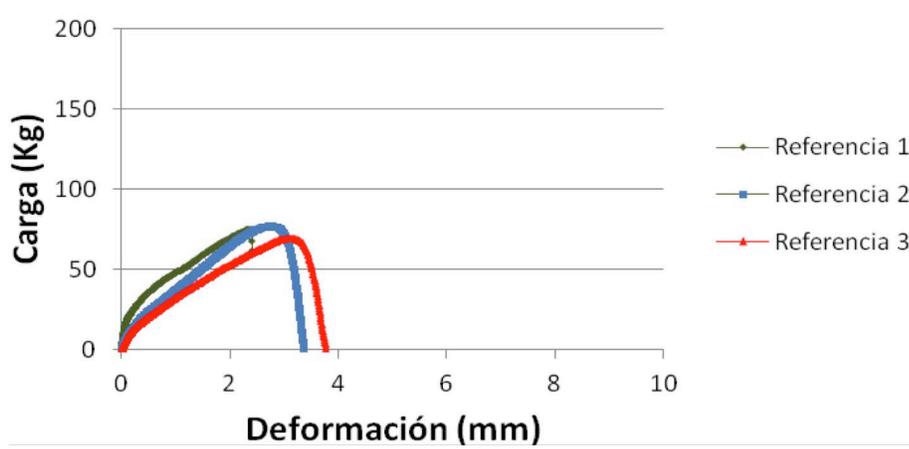


Figura 8. Adherencia por corte, probetas de referencia

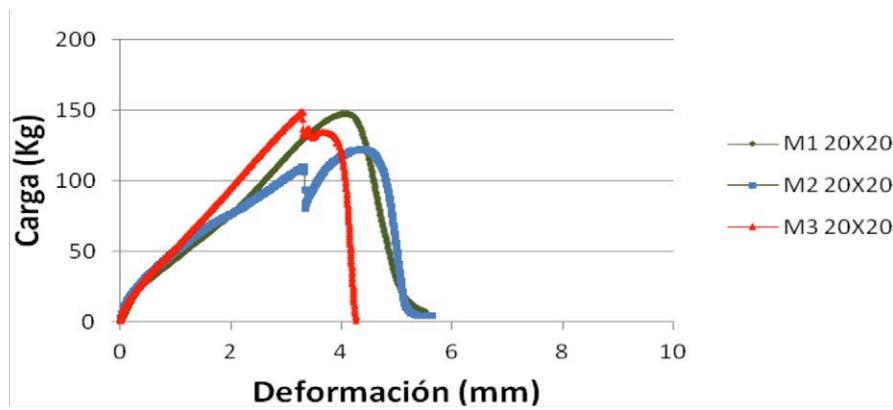


Figura 9. Adherencia por corte, abertura de malla 20x20 mm

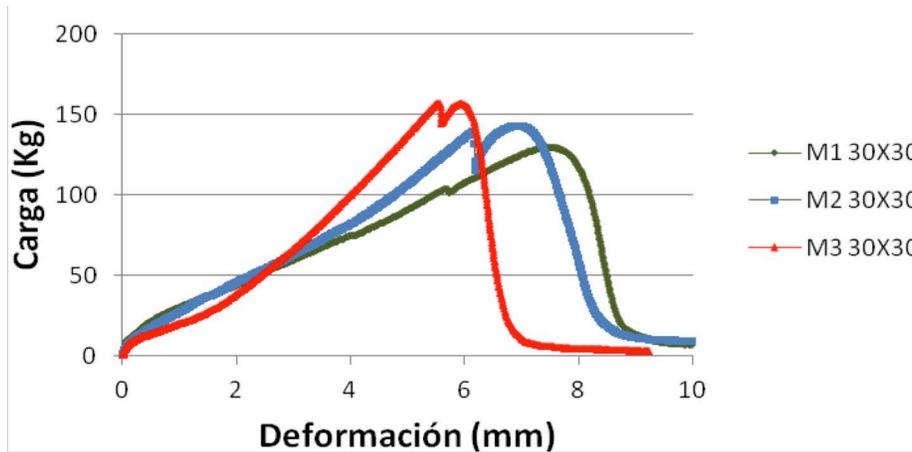


Figura 10. Adherencia por corte, abertura de malla 30x30 mm

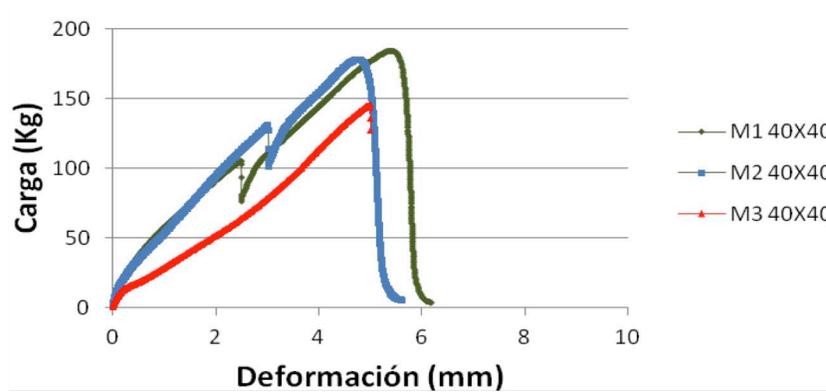


Figura 11. Adherencia por corte, abertura de malla 40x40 mm

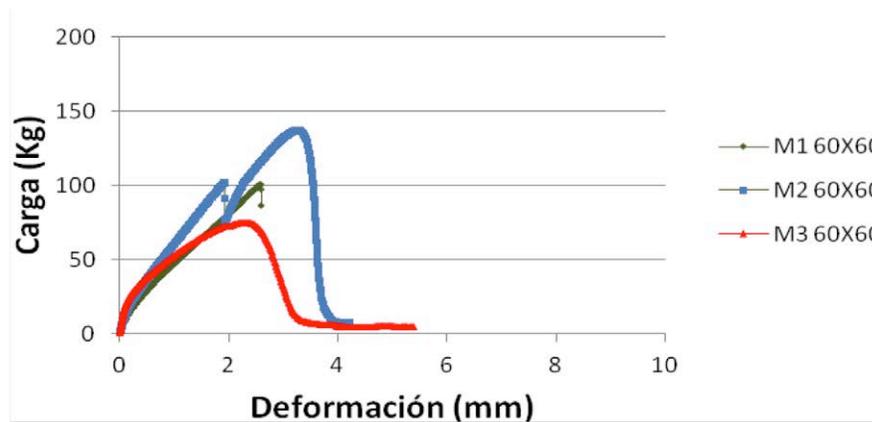


Figura 12. Adherencia por corte, abertura de malla 60x60 mm

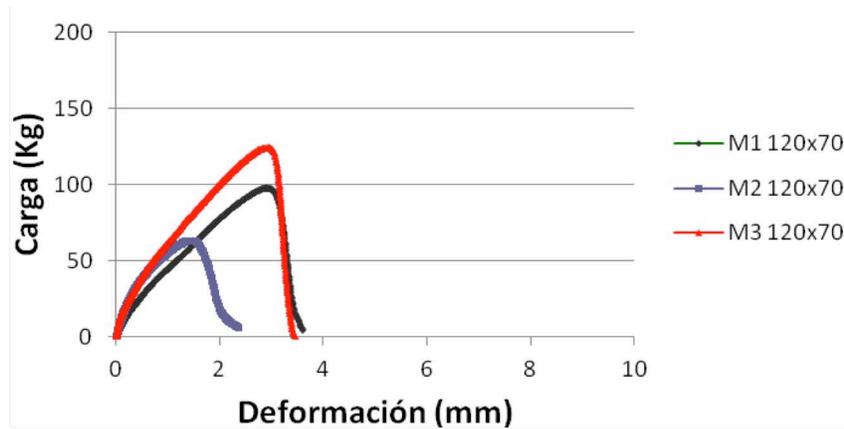


Figura 13. Adherencia por corte, abertura de malla 120x70 mm

La (Figura 14), (Figura 15), (Figura 16), (Figura 17) y (Figura 18) muestran la conformación de la malla en la probeta.

En la (Figura 19) se muestra la ejecución del ensayo y la (Figura 20) presenta los resultados obtenidos de adherencia

por corte variando la abertura de malla del material MAC PET en la cual puede observarse que se obtiene la mayor performance del material para una abertura de 40x40 mm.



Figura 14. Abertura 20x20

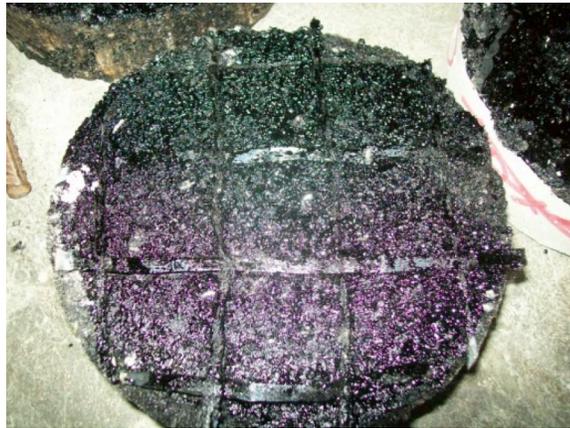


Figura 15. Abertura 30x30



Figura 16. Abertura 40x40



Figura 17. Abertura 60x60

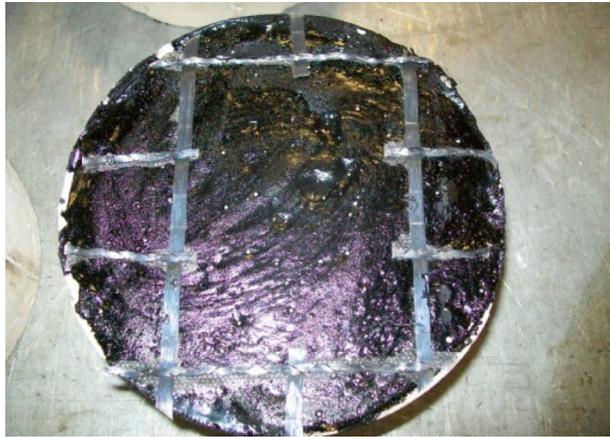


Figura 18. Abertura 110x70

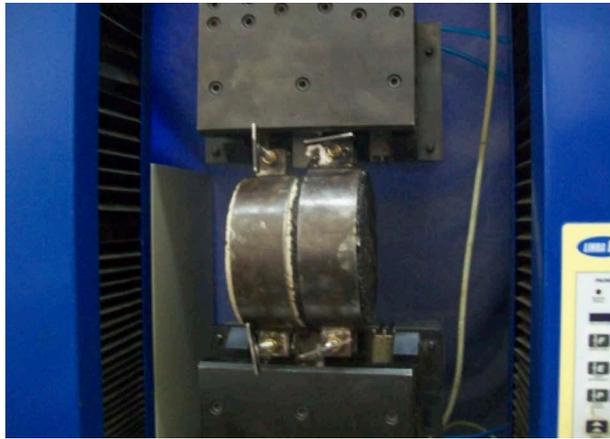


Figura 19. Ejecución del ensayo

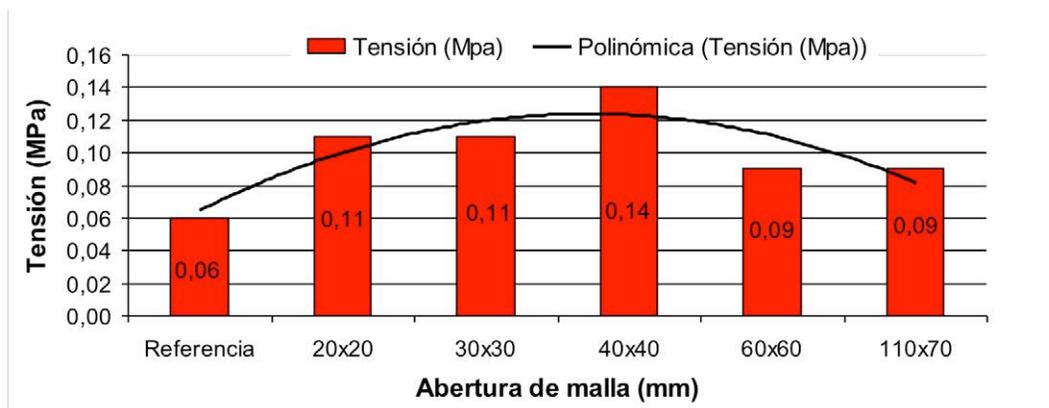


Figura 20. Adherencia para diferente abertura de malla considerando el material MAC PET

SPANISH VERSION.....

Se piensa que cuanto mayor es el diámetro de las probetas o testigos ensayados, más representativas son las determinaciones; esto debe tenerse presente ya que los

resultados de adherencia por corte realizados sobre probetas de menor diámetro (Figura 21), ofrecieron valores superiores, (Tabla 5).

Tabla 5. Adherencia para MAC PET con diferente diámetro de probeta y abertura de malla de 40x40 mm

Diámetro (mm)	Carga en la interfase (kg)	Deformación a carga máx. (mm)	Tensión a carga máx. (MPa)	Trabajo (kg.mm)
100 Referencia	190,51	0,55	0,22	156,3
100 MAC PET	370,42	0,96	0,44	465,3
150 Referencia	73,73	2,72	0,06	141,7
150 MAC PET	169,40	5,05	0,14	511,8

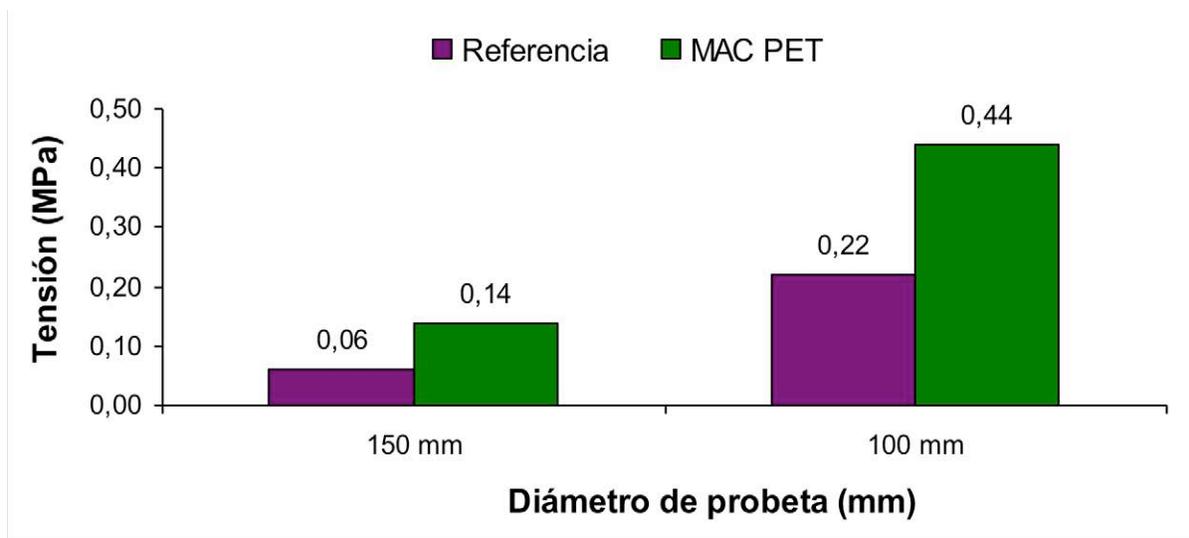


Figura 21. Adherencia por corte para diferente diámetro de probeta



La (Figura 22) muestra el gráfico donde se presenta la variación de la adherencia entre capas a medida que la

apertura de malla del material MAC PET se incrementa.

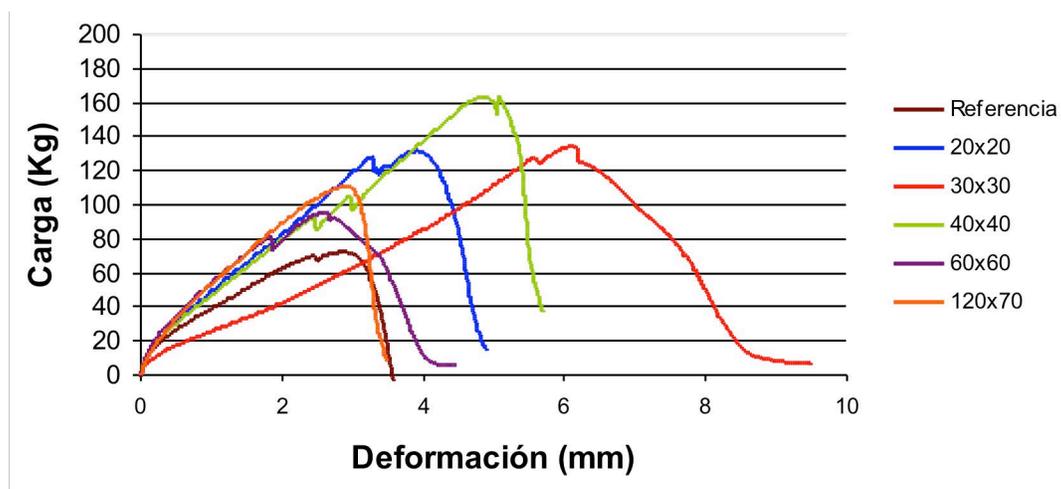


Figura 22. Variación de la adherencia con la abertura de malla

4. Conclusiones

- La interposición de un geosintético de malla abierta mejora la adherencia en comparación con el sistema de referencia.

- El mejor comportamiento a la adherencia se obtiene para la abertura de malla de 40x40 mm, para un tamaño máximo de agregado de 20 mm.
- Para probeta de 100 mm de diámetro los resultados fueron más elevados que las probetas de 150 mm de diámetro.

5. Referencias

- Álvarez Blanco, Francisco (2005). Materiales poliméricos y Compuestos. Tema 11 intercara fibra-matriz. Escuela de Minas de Oviedo. Laboratorio de Cementos. Principado de Asturias. 59 p.
- Campana, Juan Manuel; Rozada Perret, Blas (2004). Consideración de la adherencia entre capas asfálticas en el análisis estructural. Comisión Permanente del Asfalto. Argentina.
- Dirección Nacional de Vialidad (DNV) (1998). Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Argentina.
- Leng, Z.; Ozer, H.; Al-Qadi, I. L.; Carpenter, S. H. (2008). Interface Bonding between Hot-Mix Asphalt and Various Portland Cement Concrete Surfaces-Laboratory Assessment, Journal of the Transportation Research Board, No. 2057, Transportation Research Board, Washington, D.C. pp. 46-53.
- Maroni Laerte, G. (1993). El uso de Geotextiles en repavimentación asfáltica. Una experiencia reciente. Revista Carreteras. Edición N° 140, p. 57-66.
- Norma VN – E9 – 86 (2008). Ensayo de Estabilidad y Fluencia por el Método Marshall Dirección Nacional de Vialidad. Dirección Nacional de Vialidad – Edición 2008 1° Distrito Buenos Aires. Argentina.
- Ponniiah, J.; Vacin, O.; Kennepohl, G. (2006). Effectiveness of Tack Coat to Improve Bonding between Asphalt Layers: Laboratory Evaluation, Proceedings, Canadian Technical Asphalt Association, Charlottetown, Prince Edward Island, pp. 249-260
- Tschegg, E.K.; Kroyer, G.; Tan, D-M; Stanzl-Tschegg, S.E.; Litzka, J. (1995). Investigation of Bonding between Asphalt Layers on Road Construction, Journal of Transportation Engineering, Vol. 121, N° 4, American Society of Civil Engineers, New York, pp. 309-316.