



## **REFUERZO CON MALLAS IMPREGNADAS DE BETÓN PARA PAVIMENTOS DETERIORADOS**

**Miguel Lopez-Bachiller Fernández  
Angel Faramin Burgos  
Filipe Dourado**

MALLEC Firmes Reforzados y  
S & P Clever Reinforcement Ibérica

Ctra. Piedrahita km 3  
05192 La Colilla (Ávila)  
+34 920 268 823  
mallec@mallec-fr.com



## PALABRAS CLAVE (5):

**Firmes, deterioro, refuerzo, malla, sostenibilidad**

## TEXTO DE LA COMUNICACIÓN

Índice:

1. Introducción
2. Descripción: tipos, propiedades e instalación
3. Aplicaciones y Ventajas
4. Conclusiones.
5. Referencias



### 1. INTRODUCCION

El desarrollo económico y el cambio de los modelos logísticos, así como de los nuevos hábitos de consumo, están trayendo como consecuencia un notable aumento del tráfico, lo que influye muy directamente en el deterioro de los pavimentos y por lo tanto la necesidad reiterada de operaciones de mantenimiento.

La introducción de mallas de refuerzo en los pavimentos permite una rehabilitación más eficaz, económica y rápida, al tiempo que evita recrecidos en pavimentos confinados. El objetivo esencial es aumentar la durabilidad y la vida útil de las superficies de las vías mientras se minimizan las futuras intervenciones de mantenimiento necesarias.

Esta solución puede ser empleada en vías urbanas, carreteras, autopistas, pavimentos aeroportuarios, centros logísticos e industriales, etc..., y con su empleo se consigue un mejor comportamiento de los firmes:

- mejorando su capacidad estructural,
- reduciendo de forma importante la aparición de fisuras,
- incrementando su durabilidad,
- reduciendo los costes de mantenimiento y
- mejorando la sostenibilidad medioambiental.

Desde hace unos años, y como fruto de la investigación y de la experimentación real, se están utilizando **Mallas Revestidas de Betún Oxidado** de última generación que aportan notables beneficios y

mejores resultados. En particular, las mallas con fibras de Carbono y de Vidrio de la firma **SP Clever Reinforcement** se están aplicando en gran parte de Europa, siendo empleadas anualmente en varios millones de m<sup>2</sup>.



## 2. DESCRIPCIÓN: TIPOS, PROPIEDADES e INSTALACIÓN

El revestimiento con betún oxidado de las mallas de refuerzo fue un paso tecnológico importante, ya que, al reblandecerse por efecto del calor, se facilita la aplicación de la malla (sobre un firme ya fresado, antes de instalar la nueva capa de rodadura) lo que contribuye a una excelente adaptación a las irregularidades del pavimento existente. La malla, constituida sin conexiones rígidas en los nudos, permite que, al calentarse en el momento de la aplicación, la dimensión de la apertura de la malla se adapte a la dimensión del árido de la nueva mezcla bituminosa, lo que garantiza la fijación mecánica del nuevo pavimento al existente.

En general, los **daños primarios** en las superficies de los firmes de carretera podrían clasificarse en:

- **Deformación:** Deformación plástica de las capas del firme  
Deformación estructural de la cimentación y el subsuelo
- **Fisuración:** Fisuras de fatiga  
Fatiga térmica  
Fisuras de reflexión
- **Daños superficiales**

Las fibras, **de Carbono y de Vidrio**, de elevado módulo de elasticidad, pueden absorber fuerzas con un reducido alargamiento y, por este

motivo, son utilizadas como mallas de refuerzo.



Tipo de fibra	Módulo – E (N/mm <sup>2</sup> )	Extensión de rotura	Reciclabilidad de la fibra (no absorción de esfuerzo cortante)	Notas
<b>Carbono</b> (C-fibra)	240,000	1.7 %	Si	<b>Apropiada para refuerzo de firmes</b>
<b>Vidrio</b> (G-fibra)	65,000	3.5%	Sí	<b>Apropiada para refuerzo de firmes</b>
<b>Poliéster</b> (PES-fibra)	15,000	12.0%	No	No apropiada para refuerzo de firmes
<b>Polipropileno</b> (PP-fibra)	12,000	15.0%	Sí	<b>Apropiada como SAMI no tejido</b>
<b>Acero</b> (comparación)	210,000	~ 0.5%	No	No muy apropiada para refuerzo

*Tabla 1: Módulo-E de diferentes tipos de malla*

Las mallas "**pre-bituminadas**" son fijadas a la base por termofusión, después de quemar la película protectora y de hacer rodar sobre la malla pequeños rodillos compactadores. Inmediatamente después de pasar estos rodillos, la malla está lista para el paso del tráfico de obra.

Las fisuras en firmes pueden ser causadas por múltiples factores, como:

- Fisuras de fatiga
- Fisuras de origen térmico (ciclos alternos de hielo y deshielo)
- Envejecimiento del firme
- Insuficiente capacidad estructural de la explanada

Las mallas intercalares con fibra de vidrio o carbono, satisfactoriamente instaladas en el firme, absorben las fuerzas de tracción que surgen en la capa de rodadura y, por consiguiente, retarda la formación de **fisuras** resultantes de la acción de las cargas aplicadas.

El Netherlands Pavement Consultants (NPC) llevó a cabo una serie de ensayos para evaluar la resistencia de las mallas intercalares a fisuras de fatiga cuando se someten a cargas cíclicas.

Según los resultados obtenidos (tabla 2), las muestras de firmes de mezcla bituminosa reforzadas con malla "pre bituminada" de **fibra de vidrio** presentaron una elevada resistencia a la propagación de fisuras bajo cargas cíclicas (hasta 6 veces de la resistencia obtenida en el modelo de referencia). La resistencia a la fatiga de firmes reforzados con **fibras de carbono** es, experimentalmente demostrado, 35 veces superior que los firmes no reforzados. Para permitir la absorción de

fuerzas por la malla, es totalmente necesario garantizar una perfecta adherencia entre las dos capas de firme, que se consigue con:

- La aplicación de una correcta emulsión bituminosa
- Una adecuada colocación de la malla.



		Número de ciclos hasta la rotura o 35 mm de deformación	Resistencia a la fatiga bajo carga constante
1	Modelo de referencia	$\pm 30,000$	<b>1 x</b>
2	Malla de Poliéster	~90,000	<b>3 x</b> mayor que el modelo de referencia
3	“Pre bituminada” Malla Fibra Vidrio	~180 – 185,000	<b>6 x</b> mayor que el modelo de referencia
4	“Pre bituminada” Malla Fibra Carbono	~1,000,000 – 1,150,000	<b>35 x</b> mayor que el modelo de referencia

*Tabla 2: Comparación de comportamiento a fatiga de diferente tipo de malla.*

Por su parte, las **fisuras térmicas** tienen origen en las oscilaciones diarias de temperatura. Los ciclos de hielo y deshielo transfieren, sobre todo, elevadas tensiones a los firmes de mezcla bituminosa. Para el estudio de estas fisuras el Belgian Road Research Center dirigió un programa de ensayos para determinar la resistencia de los diferentes tipos de mallas intercalares a la propagación de fisuras de reflexión (de los firmes existentes) en las nuevas capas de recubrimiento, reproduciendo los ciclos de hielo y deshielo.

Y como se puede observar en la figura 1, se obtuvieron los siguientes resultados:

- en los modelos no reforzados, la propagación de fisuras alcanzó la superficie después de 6 ciclos de hielo – deshielo.
- Las mallas de poliéster y de propileno no tejido no fueron eficaces en la prevención de la propagación de grietas, debido a su bajo módulo de elasticidad. La fisura en el firme reforzado con fibras de polipropileno no tejido se propagó por el espesor total al final de los 10 ciclos, mientras que el firme reforzado con poliéster resistió hasta los 18 ciclos.
- En contraste, la malla S&P Glasphalt (fibra de vidrio) “pre bituminada” previno la propagación total de la fisura del firme antiguo al nuevo firme. A partir de este punto, la malla de refuerzo pasó a absorber las tensiones adicionales, previniendo así el avance de la propagación de la fisura. En la práctica, es aconsejable instalar, al menos, un espesor de 4 cm de nuevo firme sobre la malla.
- La malla de refuerzo “pre bituminada” de fibra de carbono de S&P paralizó la propagación de las fisuras en la capa de recubrimiento.



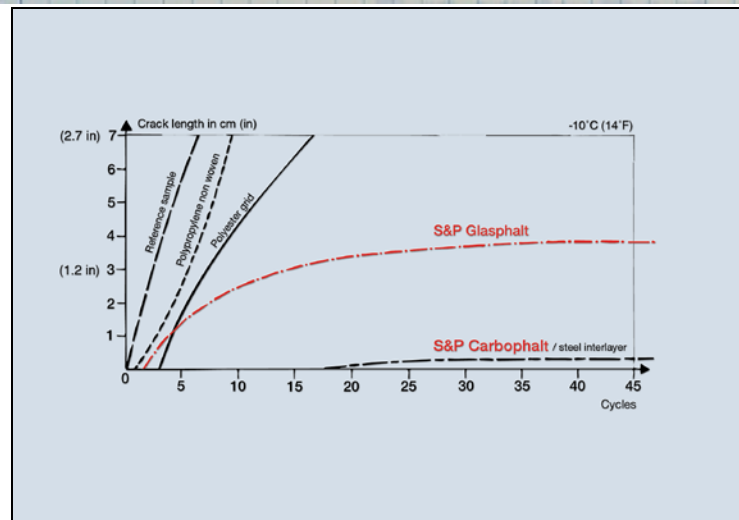


Figura 1: Resultados de los ensayos del Belgian Road Research Centre

### Instalación:

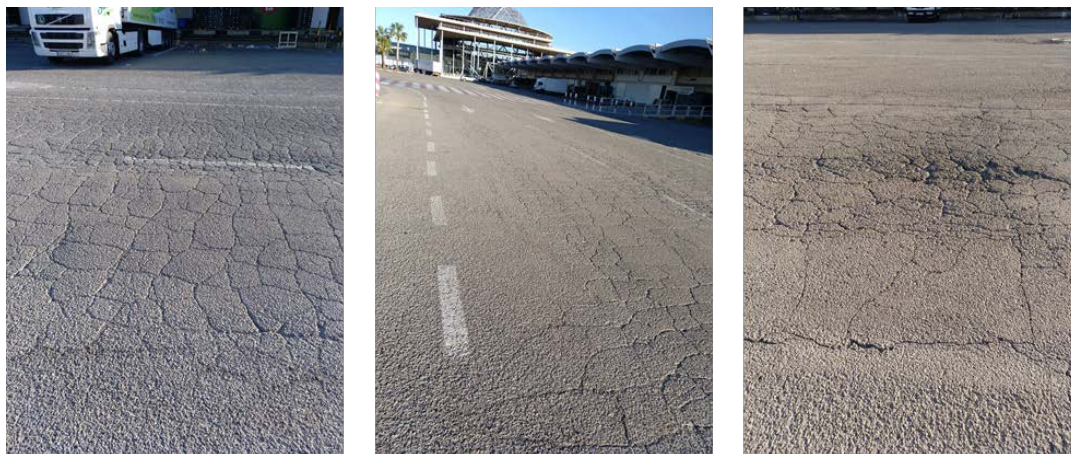
- Etapas:
  1. Fresado
  2. Limpieza energética
  3. Aplicación de emulsión bituminosa
  4. Colocación de la malla por termofusión y compactación.
  5. Extendido de la capa de mezcla bituminosa
- La malla se aplica por termofusión y compactación. En su parte inferior, está recubierta por una hoja plástica que se funde al ser calentada para controlar la aplicación, y en su parte superior, posee un recubrimiento con arena de cuarzo para evitar posibles adherencias al tránsito rodado que pueda existir durante el extendido de la capa de rodadura. El efecto del calor durante la aplicación modifica la estructura de la malla reblandeciendo el betón que fija los cordones de fibra. De este modo, no existe ningún punto rígido en la estructura de la malla durante su aplicación. Las fibras rígidas se adaptan a la rugosidad de la superficie fresada.
- Durante la fase de aplicación de la capa de rodadura, y debido al efecto del calor, los cordones de la malla se abren parcialmente en los nudos, permitiendo que los áridos de la mezcla bituminosa penetren, durante la compactación, en los huecos de la malla. De esta forma se consigue el anclaje mecánico de la capa del nuevo firme con el ya existente garantizándose una fuerte de adherencia.



### 3. APLICACIONES Y VENTAJAS

Cuando en un pavimento la capa asfáltica de rodadura se deteriora, la solución más sencilla es hacer un fresado y reposición de esta, pero en muchas ocasiones esto no basta para dar una solución definitiva ya que suelen ser varias las capas deterioradas y muchas veces incluso la base de éstas.

*En general* todas aquellas áreas que requieran una **mejora en la capacidad estructural (resistente)** son susceptibles de necesitar la aplicación de estas mallas.

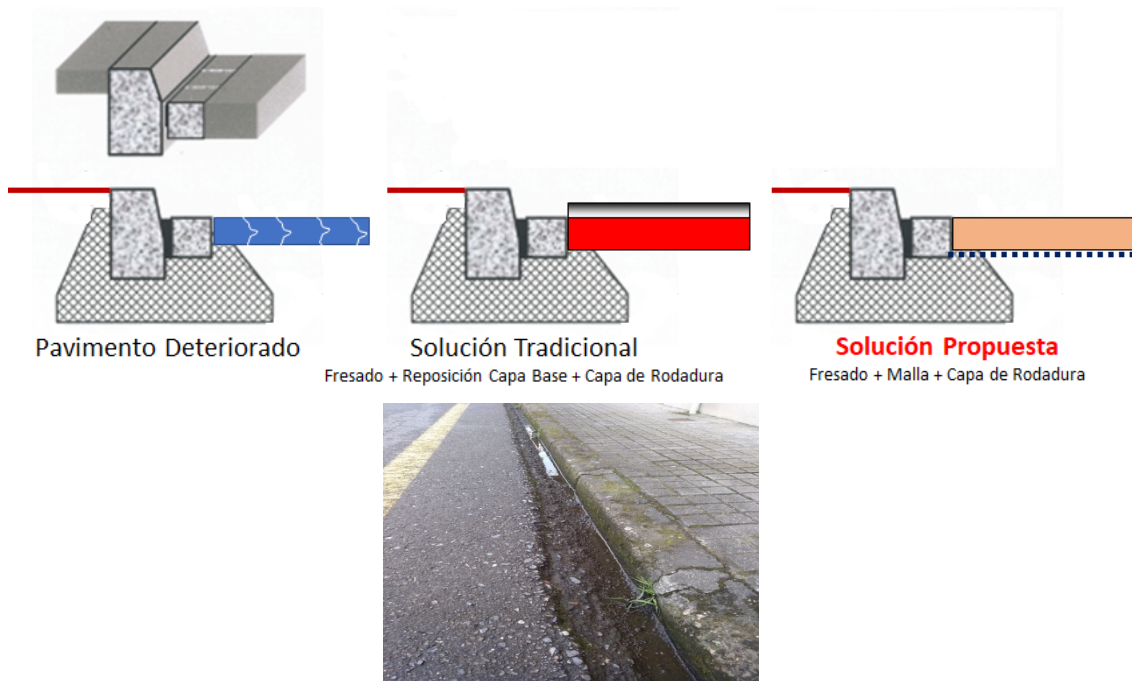


Y *en particular* los casos más relevantes para la instalación de este tipo de mallas son:

- Viales con **limitaciones en los espesores de recocado:**

bordillos, calzadas de autovías, y zonas de carga de camiones. Las zonas típicas de aplicación de las mallas son aquellas en las que o bien se necesita un refuerzo y, por la circunstancia que sea, hay algún problema en cuanto a rebajar excesivamente la cota del

pavimento actual, o bien hay problemas de recrecido cuando la reparación implica una cota más alta o simplemente se necesita un mayor refuerzo.



- Calles y vías urbanas con **tráfico intenso y pesado**; también en centros logísticos, polígonos industriales y centros comerciales
- Viales con **firmes estructuralmente envejecidos**



- Tramos de vía sometidos a constantes **ciclos de hielo-deshielo**
- Carril de vehículos pesados en **autovías**. La zona deteriorada puede ser el carril de la derecha en las autovías, en el que, si se hiciera un recrecido, habría que hacerlo de igual manera en el de la izquierda y en los arcenes cuando éstos no lo necesitan.





- **Aeropuertos:** las zonas sometidas a cargas elevadas pueden reforzarse colocando malla de carbono, especialmente en pistas de despegue y aterrizaje, calles de rodadura, calles de conexión entre las pistas y superficies de aparcamiento de aviones.



### Ventajas de las mallas S & P

Las mallas de S&P **se diferencian** al resto de mallas por:

- Ser **Pre bituminadas** : Mejora de la adherencia
- Estar formadas por **Fibras de alto modulo elástico**: resistencia a las tensiones de tracción
- Estar fabricadas **sin nudos rígidos**: permite el anclaje mecánico de la malla con las capas de contacto.
- Ser **reciclables**

Con todo ello, las mallas S & P están diseñadas para ser realmente eficaces en la eliminación de cualquier clase de fisuras en todo tipo de pavimento, favoreciendo así la durabilidad de estos.

La adherencia entre capas y entre la capa y la malla es consecuencia no sólo de la constitución de la propia malla, sino también del método de colocación con calor y sobre una capa fresada, que ofrece más rugosidad y por lo tanto más adherencia que las capas rodadas y lisas.



No obstante, ha de tenerse en cuenta que aunque el método de colocación es relativamente sencillo, estos trabajos han de ser **realizados por profesionales**.

**Otras ventajas** que esta técnica de refuerzo ofrece son las siguientes:

- Aumento de la capacidad estructural
- Menos fresado / residuos: Uso más económico de recursos
- Menor reflexión de fisuras y fatiga (debido a menores tensiones en el firme): Mayor durabilidad y menores costes de mantenimiento
- Facilidad de colocación
- Tiempo de instalación inferior: Menor congestión de tráfico
- Disponibilidad de varios tipos de mallas de S&P, diseñadas para diferentes soluciones

Para dimensionar la aplicación de la malla en cualquier estructura de pavimento, S & P ha desarrollado un programa de cálculo multicapa, contrastado con multitud de experiencias de campo.

#### 4. CONCLUSIONES

El empleo de mallas de refuerzo, pre bituminadas y fabricadas con fibras de alto modulo elástico, en pavimentos es una **técnica novedosa** que soluciona problemas de rehabilitación de una manera sencilla y económica.

Los refuerzos con mallas de fibra de vidrio y de carbono pre bituminadas ofrecen un gran número de ventajas. Las mallas pueden ser usadas **como refuerzo localizado contra fisuras de reflexión o como refuerzo en toda la superficie**.

La constitución de estas mallas con nudos no cosidos entre los hilos y el sistema de aplicación que **asegura la adherencia de la malla** con las capas inferior y superior hacen de las mallas de S & P la solución ideal **para aquellos firmes agotados** que requieran ser reforzados y para cuando exista algún **problema con aumentar la cota final de la capa de rodadura**.

Presentan numerosas **ventajas** sobre cualquier otra malla, como:

- La **reducción de las operaciones de mantenimiento** al disminuir la aparición de fisuras
- la conservación de una **buena adherencia entre capas** y el **tendido fácil y seguro de la malla sin arrugas y sin adherirse a las ruedas de los vehículos** que extienden la mezcla asfáltica.
- las mallas con fibras de vidrio necesitan ser **recubiertas con un nuevo firme de solo 4 cm de espesor**, para prevenir la propagación de fisuras existentes.



- estas fibras son **totalmente reciclables** (al contrario que las fibras de polipropileno o metálicas) contribuyendo así a la **sostenibilidad medioambiental**.

## 5. REFERENCIAS

- DA 82 – S&P CARBOPHALT G – Malla de fibra de carbono revestida con betún oxidado para el Refuerzo de Pavimentos (LNEC)
- DA 83 - S&P GLASPHALT G – Malla de fibra de vidrio revestida con betún oxidado para el Refuerzo de Pavimentos (LNEC)
- Test Reports Netherlands Pavement Consultants, NL.
- Test Reports Belgian Road Research Centre, B. EP 61530
- EMPA Congreso Asphalt Reinforcements with Inlays, May 2007.
- Modelling Ingenieurbüro Heierli AG, Zürich.
- Netherlands Pavement Consultants, bv, NPC N° 018463
- Informe de ensayos del Consultest, Ohringen, Switzerland, 1119-02
- Informe de ensayos del SACR, autumn 2003