

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



***USO Y APLICACIÓN DE GEOTEXILES EN  
OBRAS DE REPAVIMENTACIÓN Y GEOMALLAS***

**INFORME DE INGENIERIA**

**Para Optar el Título Profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**LOURDES DEL PILAR GUEVARA CASTRO**

**LIMA - PERÚ**

**2001**

***A MIS PADRES  
EDGAR Y DORA***

# CONTENIDO

## **INTRODUCCIÓN** **VIII**

## **CAPÍTULO I GEOSINTÉTICOS** **1**

- 1.1 Generalidades
- 1.2 Clasificación
- 1.3 Aplicaciones de los Geosintéticos
- 1.4 Desarrollo del Diseño y Utilización de los Geosintéticos

## **CAPITULO II GEOTEXTILES** **6**

- 2.1 Información General
- 2.2 Fabricación de los Geotextiles
  - 2.2.1 Tipo de Polímero
  - 2.2.2 Tipo de Fibra
  - 2.2.3 Estilo de Fabricación
- 2.3 Características
  - 2.3.1 Resistencia a la Tensión
  - 2.3.2 Elongación
  - 2.3.3 Resistencia Química

- 2.3.4 Permeabilidad y Flujo Planar
- 2.3.5 Resistencia a la Temperatura
- 2.3.6 Capacidad de Filtración
- 2.4 Funciones Técnicas de los Geotextiles
  - 2.4.1 Separación
  - 2.4.2 Refuerzo
  - 2.4.3 Filtración
  - 2.4.4 Drenaje Planar
  - 2.4.5 Barrera Impermeable
  - 2.4.6 Protección
- 2.5 Aplicaciones en la Ingeniería
  - 2.5.1 Estabilización y Refuerzo de Taludes
  - 2.5.2 Estructuras de Suelo Reforzado
  - 2.5.3 Control de la Erosión y Revegetalización
  - 2.5.4 Subdrenaje
  - 2.5.5 Obras de Protección
  - 2.5.6 Repavimentación
  - 2.5.7 Otras Aplicaciones
- 2.6 Tipos de Diseño
  - 2.6.1 Diseño por Costo
  - 2.6.2 Diseño por Especificación
  - 2.6.3 Diseño por Función
- 2.7 Recomendaciones para el Almacenamiento, Manipuleo y Colocación de Geotextiles
  - 2.7.1 Almacenamiento del Geotextil
  - 2.7.2 Transporte del geotextil
  - 2.7.3 Manipuleo del Geotextil
- 2.8 Acerca de la Normalización de los Geotextiles

# **CAPÍTULO III REPAVIMENTACIÓN CON GEOTEXTILES**

**27**

- 3.1 Antecedentes
- 3.2 Funciones de los Geotextiles en Repavimentación de Vias
  - 3.2.1 Barrera Impermeable
  - 3.2.2 Membrana Amortiguadora de Esfuerzos
- 3.3 Efectos del Agrietamiento
  - 3.3.1 Agrietamiento por Fatiga
  - 3.3.2 Agrietamiento por Reflexión
- 3.4 Consideraciones de Instalación
  - 3.4.1 Determinación del Tipo, Cantidad y Nivel de Severidad de las Fallas del Pavimento
  - 3.4.2 Condiciones y Limpieza de la Superficie
  - 3.4.3 Reparación de Grietas
  - 3.4.4 Tasas y Forma de Aplicación del Ligante Asfáltico
  - 3.4.5 Temperatura de Trabajo
  - 3.4.6 Tratamiento de las Arrugas que se Puedan Formar
  - 3.4.7 Longitud del Traslape
  - 3.4.8 Espesores Mínimos de la Capa de Repavimentación
  - 3.4.9 Colocación de la Capa de Repavimentación
  - 3.4.10 Cuidados de Almacenamiento
- 3.5 Ejemplos de Aplicación de Geotextiles en Repavimentación
  - 3.5.1 Remodelación y Ampliación de la Av. Venezuela – Callao
  - 3.5.2 Repavimentación con Pavimento Flexible y Geotextiles en la Autopista Sur de Medellín - Colombia

## **CAPÍTULO IV GEOGRILLAS**

**60**

- 4.1 Definición
- 4.2 Clasificación de las Geomallas
- 4.3 Fabricación de las Geomallas
- 4.4 Funciones de las Geomallas
- 4.5 Transporte, Almacenamiento y Manipuleo
  - 4.5.1 Transporte de la Geomallas
  - 4.5.2 Almacenamiento de las Geomallas
  - 4.5.3 Manipuleo de las Geomallas
- 4.6 Proceso de Instalación
  - 4.6.1 Equipos/Materiales
  - 4.6.2 Equipos de Colocación
  - 4.6.3 Preparación de la Sub-base
  - 4.6.4 Técnicas de Instalación
  - 4.6.5 Operación de Tendido

## **CONCLUSIONES**

**71**

## **ANEXOS**

- Anexo 1 Norma para la Especificación de Geotextiles para la Aplicación en Vías AASHTO M288-96
- Anexo 2 Hojas Técnicas de Fabricantes y Distribuidores de Geotextiles y Geogrillas
- Anexo 3 Funciones de los Geotextiles – Gráficos y Fotografías
- Anexo 4 Fotografías

## **BIBLIOGRAFÍA**

# INTRODUCCIÓN

Las grietas y fisuras en la superficie de los pavimentos, sean estos rígidos o flexibles, son producidas por efectos combinados del tránsito, medio ambiente y comportamiento de los materiales con que fue fabricado el pavimento, y estas grietas determinan el inicio del deterioro progresivo de estas estructuras. Se ha dado, por estas razones, gran énfasis y dedicado estudio y esfuerzo en la ingeniería a la prevención del agrietamiento en las superficies de rodadura, a retardar su aparición y a reducir su importancia, en consecuencia, a evitar sus efectos.

Es en este proceso que se van desarrollando diferentes métodos y técnicas orientados a mejorar el comportamiento de los suelos que sirven de base y reforzar los pavimentos, entre las cuales se destaca la utilización de polímeros, que relacionamos inmediatamente con el uso de Geosintéticos, debido a su alto módulo de tensión.

Aunque los Geosintéticos, y dentro de estos los geotextiles y geomallas, han tenido aplicaciones en ingeniería civil desde mucho tiempo atrás, es tan solo desde los años 70 que se ha venido realizando un trabajo intenso con el objeto de cuantificar y calificar los beneficios obtenidos con su uso. De igual manera, se han incrementado los esfuerzos orientados a la

elaboración de especificaciones que suministren al ingeniero un criterio adecuado para escoger dentro de la gran variedad hoy en día disponible en el mercado.

La aparición de los Geosintéticos en el mercado y su aplicación en obras de ingeniería en el Perú no es muy lejana, su uso en la construcción de pavimentos y en las más variadas aplicaciones de la ingeniería ha ido creciendo aceleradamente como consecuencia de las ventajas y su eficiencia prolongando la vida útil de las obras y por ende el beneficio económico que es de importancia en el desarrollo proyectos en el país.

El mundo de los Geosintéticos nos presenta una variedad de elementos, entre los cuales encontramos a los Geotextiles, que son materia de estudio en el presente informe.

Para una adecuado y eficiente diseño de proyectos de ingeniería utilizando Geotextiles, es necesario conocer, estudiar e investigar acerca de las características físicas y mecánicas de este material, así como saber acerca de las funciones técnicas y sus aplicaciones en obras de ingeniería. De igual manera para la ejecución de la obra se ha desarrollado técnicas de colocación y también se sugieren aspectos que hay que tener en cuenta para el manejo, transporte y almacenamiento del material, de manera de optimizar su rendimiento.

Como ya fue mencionado, el uso de los Geotextiles en vías sé esta incrementando día a día de acuerdo a los resultados positivos que se logra. Estos son utilizados en estabilización de taludes, refuerzo en pavimentos nuevos, drenaje, pero en este informe nos enfocaremos específicamente en su aplicación en la rehabilitación de vías, es decir repavimentación, ya sea sobre pavimento flexible o rígido. Presentando, además, un ejemplo en el Perú y una aplicación en Sudamérica.

Las Geomallas son también parte del mundo de los Geosintéticos, utilizada principalmente como refuerzo, y su utilización se ve incrementando en el reforzamiento de suelos y pavimentos. Presentamos, por tanto, una revisión, algo superficial, acerca de las Geomallas, sus características, clasificación, principales funciones y técnicas en el proceso de instalación.

El crecimiento de la utilización de Geosintéticos, en este caso hablaremos de Geotextiles y Geomallas, no solo se debe a las bondades técnicas y económicas que provee aun proyecto de ingeniería, también se debe en parte a que es una tecnología que va de la mano con el desarrollo sostenible, tan importante para la conservación de nuestro hábitat, ya que disminuye la explotación de materiales naturales no renovables. El hombre puede usar la tecnología, pero él tiene ventaja para usarla con fuerza e inteligencia. Sólo gracias a la inteligencia, él puede proteger el medio ambiente sin renunciar al progreso.

# **CAPÍTULO I**

## **GEOSINTÉTICOS**

### **1.1 GENERALIDADES**

Los Geosintéticos son uno de los últimos productos de la ingeniería de materiales que rápidamente están tomando importancia en el desarrollo de las obras de infraestructura hidráulica y saneamiento, lo mismo que en transporte y medio ambiente. Desde 1980 se ha dado un gran avance en el campo de los Geosintéticos.

Estos productos, son derivados de hidrocarburos como el polipropileno y el poliéster, en forma de fibras, mono y multifilamentos, bandas y otras. La combinación o arreglo de estos dan origen a los Geosintéticos cumpliendo variadas funciones, como los geotextiles, geomallas (geogrillas), geomembranas y georredes; que al combinar algunos de ellos se obtiene las geocompuestos.

## **1.2 CLASIFICACIÓN**

Geotextiles, geomembranas, geomallas, georredes y geocompuestos no son los únicos tipos de geosintéticos. De día en día aparecen en el mercado nuevos productos desarrollados para exigencias específicas; podemos mencionar algunos de ellos como los biomantos, geoesteras, geoceldas, utilizados principalmente para el control de la erosión.

La clasificación de los Geosintéticos según el comité ASTM N35 es la que sigue:

- Geotextiles
- Geomembranas
- Geomallas
- Geonets
- Geotuberías
- Geocompuestos
- Fibras

## **1.3 APLICACIONES DE LOS GEOSINTÉTICOS**

Su mayor aplicación se encuentra en la ingeniería geotécnica, la construcción y la ingeniería ambiental. Habiéndose comprobado su gran mayor utilidad en el mejoramiento de suelos, en el control de la contaminación, en la deposición de desechos sólidos y líquidos. Sirven para separar, reforzar, filtrar, drenar, aislar o impermeabilizar. Siendo su instalación rápida y fácil, permiten reemplazar materiales naturales, garantizando buena durabilidad y uniformidad.

Muy esquemáticamente podríamos distinguir a los Geosintéticos por la función que desempeña de la siguiente manera:

Geotextiles	Separación, Filtración
Geomembranas	Impermeabilización
Geomallas	Refuerzo
Georredes	Drenaje

#### **1.4 DESARROLLO DEL DISEÑO Y UTILIZACIÓN DE LOS GEOSINTÉTICOS**

No todos los diseñadores han llegado a familiarizarse lo suficiente con los métodos de diseño con Geosintéticos, y como consecuencia han ocurrido algunas fallas. Entre las causas de estas se ha encontrado el diseño inadecuado que lleva a la elección equivocada del Geosintético o a su exposición en condiciones desfavorables.

Algunos de los errores de diseño más comunes son los que se mencionan a continuación:

- En diseño de filtros, omitir la determinación (o hacerla en forma incorrecta) de las propiedades de filtración requeridas (retención, permeabilidad, y porosidad) de los geotextiles usados.
- En el diseño de refuerzos, uso impropio de los resultados de ensayos de tensión. Debe tenerse en cuenta que para diseñar funciones de refuerzo solo son aplicables los resultados de ensayos de tensión sobre fajas anchas.
- En el diseño de refuerzos, el uso de las propiedades de carga de rotura de tensión; las estructuras de refuerzo deben

diseñarse basadas en cargas de trabajo, ósea con la resistencia a la deformación del trabajo.

- En el diseño de aplicaciones de transmisividad, el uso de propiedades, el uso de propiedades índice de trasmisión; la transmisividad requerida debe diseñarse con valores basados en las condiciones esperadas, es decir, con cargas de diseño y en contacto con los filtros propuestos.
- En el diseño de revestimientos con geomembranas, la suposición del valor de la deformación en la falla para el material virgen. Con materiales de polietileno, las deformaciones reales de campo son por lo general menores del 10% en lugar del hasta 700% que puede presentar el material virgen.

A pesar de tales errores de diseño, las aplicaciones exitosas de los Geosintéticos son cada vez mayores en número y el futuro aparece sumamente brillante.

Los Geosintéticos no son un campo especial aislado de la ingeniería geotecnia, sino que son simplemente materiales como la arena, la arcilla u otros.

En Ingeniería Civil no es sorprendente que materiales nuevos o mejorados pase por un período de uso empírico y valorización antes que investigaciones y análisis sistemáticos puedan suministrar la información que se necesita como guía formal y racional para su uso. Tal es el caso de los geosintéticos, los cuales durante los últimos años han tenido un tremendo impacto sobre varios aspectos, entre estos el mejoramiento del suelo, aportando soluciones técnicas y económicamente atractivas en el campo de las obras civiles.

La gran ventaja del uso apropiado de los geosintéticos, no solo en las obras hidráulicas, pero también en todas las obras civiles de infraestructura, esta en la reducción de los costos finales, en el ahorro de materiales naturales con consiguiente reducción del impacto ambiental, y en la reducción de riesgos de fallas por errores ejecutivos.

# **CAPÍTULO II**

## **GEOTEXTILES**

### **2.1 INFORMACION GENERAL**

Los geotextiles son membranas permeables, formadas por fibras sintéticas que son resistentes a la tensión y al punzonamiento y actúan como elementos de refuerzo, separación, filtro y drenaje en los diferentes tipos de construcciones.

### **2.2 FABRICACIÓN DE LOS GEOTEXTILES**

En general las fibras sintéticas, que pueden ser de diferentes tipos, se arreglan en tramas flexibles y porosas con máquinas de tejido de una manera estandar o de manera aleatoria. Algunos geotextiles especiales están conformados por fibras de vidrio, cables y alambres de acero en conjunto con materiales sintéticos En el proceso de manufactura se destacan tres aspectos: tipo de polímero empleado, tipo de fibra y estilo de fábrica.

### **2.2.1 Tipo de Polímero.**

Aunque la mayoría de los geotextiles son elaborados con productos derivados de los hidrocarburos, los siguientes son los más usuales para la fabricación de Geotextiles:

- Polipropileno.
- Poliéster.
- Poliamida (Nylon).
- Polietileno.

### **2.2.2 Tipo de Fibras.**

- Monofilamento.
- Multifilamento.
- Staple.
- Staple yarm.
- Slit film.

### **2.2.3 Estilo de Fabricación.**

- Tejidos.
- No Tejidos.
- Trenzados.

De la combinación de estos tres puntos, resulta el producto conocido como Geotextil. Cabe señalar que existe una diversidad de combinaciones según sea el estilo de fabricación.

## **2.3 CARACTERÍSTICAS**

### **2.3.1 Resistencia a la Tensión**

Los geotextiles poseen una alta resistencia a la tensión y pueden absorber los esfuerzos a que se someten las estructuras.

### **2.3.2 Elongación**

Propiedad importante de los geotextiles no tejidos. Permiten un mejor acomodamiento en terrenos irregulares, manteniendo su resistencia, bajo deformaciones iniciales que presente la obra.

### **2.3.3 Resistencia Química**

Por ser fabricados con polipropileno, los geotextiles son resistentes a los ácidos, álcalis, insectos y microorganismos.

### **2.3.4 Permeabilidad y Flujo Planar**

Los geotextiles por ser punzonados. Permiten un mejor drenaje en el sentido del plano.

### **2.3.5 Resistencia a la Temperatura**

El polipropileno es resistente a altas temperaturas. En repavimentación el asfalto se coloca sobre el geotextil entre 100 y 110 grados centígrados, de acuerdo con las normas técnicas.

### **2.3.6 Capacidad de Filtración**

Por su porometría, los geotextiles permiten el paso del agua y retienen los materiales finos.

## **2.4 FUNCIONES TÉCNICAS DE LOS GEOTEXTILES**

### **2.4.1 Separación**

Los geotextiles impiden la contaminación de los agregados seleccionados con el suelo natural.

### **2.4.2 Refuerzo**

Todo suelo tiene baja resistencia a la tensión. El geotextil absorbe los esfuerzos de tensión que el suelo no posee.

### **2.4.3 Filtración**

Los geotextiles permiten el paso del agua a través de sus poros, impidiendo que las partículas sólidas traspasen el geotextil.

### **2.4.4 Drenaje Planar**

Los geotextiles permiten la salida del agua en el plano del geotextil, evitando el desarrollo de la presión e poros en la masa del suelo en consideración.

### **2.4.5 Barrera Impermeable**

Los geotextiles no tejidos al impregnarse con el asfalto, elastómeros u otro tipo de mezclas poliméricas, crean una barrera impermeable contra líquidos.

### **2.4.6 Protección**

Gracias al espesor de los geotextiles no tejidos, éstos absorben los esfuerzos inducidos por objetos angulosos y punzonantes, protegiendo materiales laminares como es el caso de las geomembranas.

## **2.5 APLICACIONES EN LA INGENIERÍA**

### **2.5.1 Estabilización y Refuerzo de Taludes**

#### **2.5.1.1 Vías Pavimentadas, No Pavimentadas, y Plataformas**

- Mejoran la capacidad portante del terreno al transmitir una mejor distribución de las cargas producidas por el tráfico.
- Permiten la construcción de vías sobre suelos blandos saturados.
- Disminuyen los espesores iniciales de la base y la sub-base.
- Logran un mejor confinamiento de los agregados.
- Actúan como separadores entre la sub-rasante y sub-base evitando el ascenso de finos debido a la repetición de cargas.
- Evitan el desarrollo de baches o hundimientos.
- Crean una condición drenada en el relleno, mejorando las características de resistencia del material.

#### **2.5.1.2 Ferrovías**

- Distribuyen las cargas ejercida por el tren sobre el terreno de fundación lográndose un mejor comportamiento de la ferrovía.
- Actúan como separador y medio de filtración del balastro y el suelo de fundación.
- Disminuyen las cargas transmitidas por el ferrocarril al terreno.

- 0Prolongación de la vida útil de la ferrovía al impedir la contaminación del balastro con los finos del suelo.

## **2.5.2 Estructuras de Suelo Reforzado**

### 2.5.2.1 Muros de Contención

- Cumple función de refuerzo permitiendo la construcción de obras de contención logrando caras verticales.
- Reducen el costo y tiempo de las obras con relación a otras convencionales.
- No requiere de mano de obra especializada para su construcción.

### 2.5.2.2 Terraplenes

- Absorben esfuerzos de tensión mejorando la capacidad portante del terreno y permitiendo así la construcción de terraplenes altos.
- Aumentan las condiciones de estabilidad.
- Ofrecen considerables reducciones en los costos contra técnicas convencionales de construcción.
- Permiten la construcción de terraplenes altos cuando la fundación es de baja capacidad portante y no ofrece un factor de seguridad apropiado.

### 2.5.2.3 Taludes

- Como elemento de refuerzo interno en le talud permite aumentar su ángulo de inclinación.

- Permite utilizar suelos finos como material de conformación y relleno.
- Aumenta la estabilidad del talud.

### **2.5.3 Control de la Erosión y Revegetalización**

- 2.2.3.1 Taludes o terraplenes en vías
- 2.5.3.2 Protección de riberas de ríos, canales, lagos, embalses, etc.
- 2.5.3.3 Protección de estructuras hidráulicas como zanjas de drenaje.
- 2.5.3.4 Aplicación en bioingeniería.

### **2.5.4 Subdrenaje**

- 2.5.4.1 Sub-drenes
  - No requieren la conformación de suelos graduación determinada para filtro,
  - Evitan la colmatación del sistema de drenaje.
  - Aumentan los rendimientos de la construcción.
  - Permiten el paso del agua filtrando los materiales finos y evitando la formación de cavernas debido a la erosión.
- 2.5.4.2 Geodrenes
  - Permite la construcción de sistemas de drenaje en vías urbanas sin causar grandes traumatismos,
  - Volúmenes mínimos de excavación.
  - Reducción del daño el pavimento existente.

- Reutilización del material excavado de base o sub-base en el relleno de la zanja.
- Reducción de los volúmenes de instalación, transporte y disposición de materiales granulares no renovables, protegiendo el medio ambiente.
- Permite una instalación mecanizada de alto rendimiento.
- Retarda el envejecimiento de los pavimentos derivado de los factores de severidad de carga.
- Facilita la construcción de sistema de drenaje en suelos saturados que presentan estabilidad durante la excavación.
- Representa una alternativa para obras de difícil acceso o distantes a las fuentes de material.
- Larga vida útil ya que se le puede hacer mantenimiento.

#### 2.5.4.3 Campos Deportivos

- Proveen de sistemas de drenaje paralelo en campos deportivos, parques y jardines.
- Mantiene los campos deportivos libres de agua después de una lluvia muy fuerte, generando aumento en el tiempo de utilización de las áreas verdes.

#### 2.5.4.4 Túneles

- Protegen al túnel de los movimientos entre la pared de roca y el revestimiento de concreto.
- Disipan la presión del agua sobre la membrana impermeable.

- Evitan el transporte de rocas erodables por el efecto de las exfiltraciones de agua en la pared del túnel.
- Conducen el agua en un sistema de drenaje logrando que el túnel permanezca seco.

#### 2.5.4.5 Estructuras de Contención

- Drenaje de las estructuras de contención a fin de mejorar su estabilidad externa.
- Mejoran las condiciones de fundación en muros para edificios.
- Evitan filtraciones en el nivel del sótano.
- Disipan la presión hidrostática contra el muro.
- Evita la contaminación del material de relleno con el suelo natural.

### **2.5.5 Obras de Protección**

#### 2.5.5.1 Presas, ríos, diques y canales

- Cumplen con las funciones de filtración y separación entre el material sumergido y el material grueso de protección.
- Ayuda a prevenir la erosión de los finos del dique por el arrastre del agua.

#### 2.5.5.2 Muelles y Puentes

- Refuerzan los pilares de la construcción.
- Evitan la erosión del suelo de la fundación producidas por las corrientes de agua.

## **2.5.6 Repavimentación**

- Evitan la propagación de grietas del pavimento antiguo a la nueva superficie.
- Mejoran las condiciones de estabilidad del pavimento
- Impiden la penetración de agua a la subestructura del pavimento actuando como barrera impermeable al ser colocado entre la capa vieja y la capa nueva del pavimento.

## **2.5.7 Otras Aplicaciones**

### 2.5.7.1 Gaviones

- Actúan como filtro evitando la contaminación de los gaviones con los finos del talud, por causa de la exfiltraciones.
- Mantienen a los gaviones en condición drenada, asegurando su estabilidad.
- Impiden la socavación de los materiales del talud.

### 2.5.7.2 Embalses y Rellenos

- Funcionan como un colchón que evita el punzonamiento de la geomembrana.
- Actúan como detector de fugas o exfiltraciones de lixiviados
- Disipan las subpresiones del agua.
- Trabajan como trasmisor de fluidos o disipador de gases, evitando la explosión de geomembranas.

### 2.5.7.3 Protección para Expansión de Gas

- El geotextil no tejido proporciona la transmisión lateral de líquidos y gases.

## 2.6 TIPOS DE DISEÑO

Como cada día crece su aplicación y también la diversidad de tipos, y fabricantes, se sugiere que se debe elegir el tipo de diseño antes que el proceso de diseño se inicie.

### 2.6.1 Diseño por costo.

Proceso muy difundido, pero casi con ningún sustento técnico, ya que consiste en dividir el monto disponible entre el área a cubrir y calcular un precio unitario de geotextil, para luego seleccionar un producto cuyo precio este debajo del valor máximo calculado, muy usado en la década del 70 en USA.

### 2.6.2 Diseño por especificación.

Es el más difundido y exigido por instituciones gubernamentales. En este método se forma una lista de las diferentes posibilidades de uso junto con las propiedades críticas del geotextil (usualmente son los valores mínimos).

Los geotextiles disponibles son chequeados por sus propiedades contra los valores recomendados en las especificaciones. Si varios geotextiles cumplen la selección se hará en función de la disponibilidad y el mínimo costo.

Se debe tener cuidado cuando se use el método, ya que las especificaciones dan el mínimo valor, mientras los fabricantes mediante sus publicaciones dan el promedio de un lote o de un rollo, según Koerner, señala que se están mezclando "papas con camotes", ya que son valores diferentes de comparación.

Cuando el fabricante da el promedio de un lote, su valor para que sea confiable estadísticamente hablando, se recomienda que disminuya en un 30% y cuando se trata de un lote, se recomienda que sea 15% la reducción, y recién proceder a comparar. Aunque recientemente los fabricantes están dando los valores mínimos y no promedios.

### **2.6.3 Diseño por función.**

Consiste en fijar la función primaria a la que el geotextil ha sido solicitado, y luego calcular, los valores numéricos requeridos de esa propiedad en particular; luego dividir este valor con el valor de la propiedad del geotextil y de este modo obtener el factor de seguridad y si este es aceptable entonces el geotextil también es aceptable, se debe repetir con diferentes geotextiles y luego la elección resulta de aquel cuya disponibilidad y menor costo lo amerite. Este método es el más técnico pero necesita una buena selección de la función primaria. Los pasos a seguir son:

- 1º. Precise la aplicación en particular, considerando no solo al geotextil, sino también al material a ambos lados de él.

- 2º. Dependiendo de la situación crítica (pregúntese: ¿Qué pasara si falla la estructura?) decídase por un factor de seguridad.
- 3º. Decida la función básica del geotextil.
- 4º. Calcule numéricamente el valor de la propiedad del geotextil requerido en base a su función primaria.
- 5º. Obtenga el valor mínimo del geotextil elegido (Ojo: no olvidar el promedio de un lote y de rollo y sus disminuciones).
- 6º. Calcule el actual factor de seguridad sobre la base de la mínima propiedad (paso 5) dividiendo entre la propiedad requerida (paso 4) para el actual factor de seguridad (FSA).
- 7º. Compare este FSA al FSR (Factor de Seguridad Requerido) en el paso 2.
- 8º. Si no es aceptable, vuelva a realizar los pasos anteriores con otros geotextiles.
- 9º. Si es aceptable, compruebe si cualquier otra función del geotextil es más crítica.
- 10º. Si existen varios geotextiles que satisfacen el FSR, seleccione en base al precio.

## **2.7 RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO, MANIPULEO Y COLOCACIÓN DE LOS GEOTEXTILES**

El uso de geotextiles e la ingeniería civil como una alternativa de solución a los diferentes problemas de la geotecnia en nuestro país es muy importante, ya que manipulando y aplicando correctamente tiene un comportamiento eficaz.

Es responsabilidad del ingeniero dirigir la adecuada aplicación del geotextil en la obra; así como también mantener un control eficaz en el transporte, almacenamiento , manipuleo y colocación.

### **2.7.1 Almacenamiento del Geotextil.**

En nuestro país generalmente el geotextil es presentado en rollos o bobinas debidamente envueltas por una cobertura protectora de plástico , estando éstos formados por laminas de geotextil enrollado sobre un buje de cartón de 0.15m a 0.25m de diámetro, lo que le da la resistencia necesaria para las operaciones de manipuleo , transporte y colocación de la obra .

#### **2.7.1.1 Almacenamiento de corta duración**

Para el almacenamiento de corta duración no son necesarias precauciones particulares, bastando en la mayoría de los casos, mantener las condiciones de embalaje siendo por tanto muy importante hacer una cobertura complementaria con material opaco e impermeable

#### **2.7.1.2 Almacenamiento de larga duración**

Cuando los polímeros sintéticos son expuestos a los rayos ultra-violeta muestran variaciones de sus propiedades mecánicas de esta manera el geotextil debe ser almacenado en un local cubierto protegido de la luz solar.

## **2.7.2 Transporte del Geotextil.**

No existen recomendaciones especiales sin embargo es necesario evitar que durante el cargamento, transporte y descargamento del rollo sean provocados daños a la cobertura plástica que lo protegen y especialmente a las primeras vueltas del rollo (hongos, rasgos , etc.)

## **2.7.3 Manipuleo del Geotextil**

Según las dimensiones el peso de los rollos de geotextil pueden ser manipulados y desenrollados manualmente o necesitar de equipamiento para su elevación y transporte propios de la misma obra (cargadores, grúas, etc.)

### **2.7.3.1 Corte del geotextil**

El ancho de los rollos de geotextil puede no adaptarse a las necesidades de la obra, exigiendo que este sea cortado o porque las necesidades de la obra son reducidas .

El corte de un geotextil no tejido puede ser hecho de acuerdo con las necesidades de la obra por medio de tijeras, cuchillos, laminas afiladas, etc.

El rollo el geotextil puede ser fácilmente cortado por filamentos calentados por electricidad.

### **2.7.3.2 Reparación en el geotextil**

Cuando ocasionalmente durante la colocación o manipuleo de geotextil surjan

rasgaduras o agujero y este no esta siendo usado como refuerzo, para corregirlo basta cubrir la parte dañada con un pedazo de geotextil con dimensiones de 30 cm. mayor que el la rasgadura

Cuando el geotextil sea usado como refuerzo y las tensiones mecánicas lleguen a ser elevadas es necesario la colocación de otra manta, unido por costura mecánica.

#### 2.7.3.3 Unión de mantas

La unión de las mantas puede ser hecha de diferentes maneras.

La elección del método de unión y la disposición de los bordes son en realidad derivadas de la naturaleza de la obra y de la función que el geotextil va desempeñar.

La unión puede ser hecha de las siguientes maneras:

- Unión por sobreposición  
Generalmente la unión por sobreposición; simple recubrimiento de un borde de la manta sobre otro, se posiciona entre 0.30 m y 1 m según las características del suelo que soporta
- Unión por costura  
La costura debe ser hecha con maquina, con hilo multifilamento de nylon plastificado de alta tenacidad con resistencia a alta tensión.

- Otros métodos de unión

Un método alternativo es aquel donde se utiliza grapas de hierro, para fijar y unir las mantas. El uso de grapas de manera general esta condicionado a materiales resistentes a la oxidación y a las peculiaridades de la obra

## **2.8 ACERCA DE LA NORMALIZACIÓN DE LOS GEOTEXTILES**

Alrededor de unas tres décadas atrás, cuando la industria de los geotextiles estaba aún en formación, surgió la necesidad de crear una serie de normas de ensayo, con el fin de cuantificar de alguna manera las características tanto mecánicas como hidráulicas de los geotextiles, considerados en aquel entonces como nuevos materiales. Los datos obtenidos sirvieron no solamente para comparar el comportamiento de los geotextiles (ensayos índice) sino también como datos valiosos para utilizar durante el proceso de diseño (ensayos de desempeño) de las diferentes aplicaciones de los geotextiles en la ingeniería civil, especialmente su utilización en obras viales como elementos separadores, de refuerzo, de drenaje y filtración.

En Europa se empieza a desarrollar con una mayor rapidez la industria de los geotextiles en el campo de los no tejidos y simultáneamente los norteamericanos con los geotextiles tejidos. Todos estos industriales ven la necesidad de crear unas normas de ensayo, con el fin de poder comparar bajo unos parámetros determinados y equivalentes todos los productos desarrollados por diferentes fabricantes.

Bajo esta iniciativa nace de manera imperante la necesidad de conformar comités especializados en la creación de las normas que rijan los procedimientos de ensayo para los geosintéticos, dedicando inicialmente gran parte de sus esfuerzos a la normalización de los geotextiles, que han sido los pioneros en esta gran familia de materiales sintéticos. Es así como los comités más conocidos actualmente en el mundo son los siguientes:

- Organización Internacional de Estándares (ISO)
- Instituto de Investigaciones de Geosintéticos (GRI), Universidad de Drexel USA.
- Instituto Británico de Estándares. (BS).
- Asociación Francesa de Normalización. (AFNOR).
- Comité Alemán de Estándares para Geotextiles. (DIN)
- Sociedad Suiza de Profesionales en Geotextiles.
- Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM)
- Asociación Americana de Oficiales de Transporte y Autopistas Estatales. (AASHTO).

El actual comité D-35 de la ASTM, cuyo trabajo se centra en la normalización para geotextiles, geomembranas y otros productos relacionados, se forma entonces como un subcomité adjunto del comité para textiles D-13 y del comité para suelos y rocas D-16. Dada la definición de geotextil, que es cualquier textil permeable usado en fundaciones, suelo, rocas, tierra o cualquier otro material relacionado con la ingeniería geotécnica como parte integral de proyectos, estructuras o sistemas, realizados por el hombre, se puede notar claramente el hecho del por qué, los antecedentes de las normas para

los geotextiles y otros geosintéticos tienen sus raíces en los dos comités arriba mencionados.

En Colombia, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, ha venido trabajando junto con consultores, universidades, entidades reguladores, fabricantes, proveedores y usuarios, en la implementación y actualización de las normas de ensayo a nivel de este país. Es de anotar que actualmente estas normas se basan en su mayoría en las dadas por la ASTM.

El trabajo sobre normalización no ha sido un hecho aislado; en países industrializados, han venido siendo desarrolladas normas que a pesar de cumplir el mismo objetivo que las ASTM, tienen unos procedimientos diferentes. Esta condición ha causado que los valores entre las diferentes entidades normalizadoras, así sea para la determinación de una misma propiedad, arrojen valores completamente diferentes, causando una gran confusión en los usuarios de este tipo de productos.

Por tal motivo, la Sociedad Internacional de Geosintéticos (IGS), ha tenido dentro de sus objetivos recolectar, comparar y suministrar la información existente sobre las normas de ensayos a nivel mundial vigentes para los materiales en mención, unificándolas en un documento de aplicación universal.

Partiendo de una adecuada interpretación de las normas de ensayo, se podrá garantizar de buena manera la correcta utilización de los geotextiles en obras civiles.

Las normas de ensayo de uso más común actualmente son las que siguen a continuación:

- Para la caracterización de las propiedades mecánicas:
  - Resistencia a la Tensión, Método Grab. ASTM D-4632.
  - Resistencia a la Tensión, Método de la Tira Ancha. ASTM D-4595.
  - Resistencia de la Costura para los Geotextiles Cosidos. ASTM D-4884.
  - Resistencia al Punzonamiento. ASTM D-4833.
  - Resistencia al Rasgado Trapezoidal.
  - Resistencia al Estallido (Mullen Burst). ASTM D-3786.
  
- Para la caracterización de las propiedades hidráulicas:
  - Tamaño de Abertura Aparente. ASTM D-4751.
  - Determinación de la Permeabilidad por el Método de la Permitividad. ASTM D-4491.
  
- Para la caracterización de las propiedades físicas:
  - Determinación del espesor nominal de los Geotextiles. ASTM D-5199.
  - Determinación de la masa por unidad de área de los Geotextiles. ASTM D-5261.
  
- Para determinar la durabilidad de los Geotextiles:

- Deterioro de los Geotextiles bajo la ex – posición a la Luz Ultra Violeta y al Agua. ASTM D – 4355
  
- Para la determinación de la cantidad adecuada de cemento asfáltico en aplicaciones de repavimentación:
  - Retención de Asfalto. Task Force 25 (AASHTO, AGC, ARTBA), Método 8.

Parte intrínseca y fundamental para obtener los mejores resultados en el diseño y en la utilización de geotextiles en obras de ingeniería es el tener un laboratorio competente para ejercer el control de calidad sobre el geotextil, cuyos equipos cumplan con los requerimientos establecidos por las normas de ensayo vigentes.

# REPAVIMENTACIÓN CON GEOTEXTILES

Uno de los campos de aplicación que ha tenido un mayor grado de desarrollo en la ingeniería vial, es la utilización de los geotextiles en obras tales como la rehabilitación de pavimentos. Del correcto entendimiento sobre las propiedades de este tipo de materiales, de su aplicación, instalación, funciones a desempeñar, beneficios e incluso las limitaciones que poseen, en buena parte dependerá el éxito que estos puedan tener, brindando de esta forma ahorros sustanciales en el mantenimiento de las obras viales que se ejecuten.

### 3.1 ANTECEDENTES

La prolongación de la vida útil de las vías ha sido una permanente preocupación por parte de las entidades públicas a nivel nacional e internacional, que se encargan de la ejecución y del posterior cuidado de estas. Los ensayos realizados sobre nuevos materiales que racionalicen de alguna manera los costos de mantenimiento que la estructura de pavimento requiere, han traído nuevos horizontes. Con la aparición de los geosintéticos y en especial los geotextiles, los investigadores han hecho un aporte significativo a

# REPAVIMENTACIÓN CON GEOTEXTILES

Uno de los campos de aplicación que ha tenido un mayor grado de desarrollo en la ingeniería vial, es la utilización de los geotextiles en obras tales como la rehabilitación de pavimentos. Del correcto entendimiento sobre las propiedades de este tipo de materiales, de su aplicación, instalación, funciones a desempeñar, beneficios e incluso las limitaciones que poseen, en buena parte dependerá el éxito que estos puedan tener, brindando de esta forma ahorros sustanciales en el mantenimiento de las obras viales que se ejecuten.

### 3.1 ANTECEDENTES

La prolongación de la vida útil de las vías ha sido una permanente preocupación por parte de las entidades públicas a nivel nacional e internacional, que se encargan de la ejecución y del posterior cuidado de estas. Los ensayos realizados sobre nuevos materiales que racionalicen de alguna manera los costos de mantenimiento que la estructura de pavimento requiere, han traído nuevos horizontes. Con la aparición de los geosintéticos y en especial los geotextiles, los investigadores han hecho un aporte significativo a

la ingeniería, aclarando el desempeño de estos en aplicaciones específicas, como lo es en este caso, la rehabilitación de pavimentos.

A final de la década de los sesenta, en el departamento de transporte de California, *Caltrans*, se comienza a experimentar con los geotextiles, teniendo en cuenta que la principal función con la que estos deberían cumplir, era la de evitar la reflexión o calcado de grietas reemplazando a sistemas tradicionales tales como las bases de gradación abierta. Después de casi dos décadas de ensayos en campo, laboratorio y de estudios se logró cuantificar el beneficio de los geotextiles en los proyectos de repavimentación, estos se han venido utilizando casi que rutinariamente a lo largo y ancho de la Unión Americana y de Europa.

Desde hace poco mas de un lustro, la utilización de los geotextiles en repavimentación se ha convertido en otra de las alternativas a los sistemas habituales constructivos utilizados en este tipo de obras, los cuales por lo general no contemplan más que la utilización de un ligante asfáltico, colocado sobre la superficie de la carpeta asfáltica antigua de una manera poco ortodoxa. Además de la colocación de la nueva capa de rodadura, que no contempla tan siquiera el uso de modificadores elastoméricos para mejorar sus propiedades.

La utilización del geotextil en estas obras ha tenido unas veces grandes fracasos y otras éxitos rotundos, dependiendo del grado de conocimiento sobre la correcta utilización que los ejecutores hayan tenido sobre este tipo de tecnología.

## **3.2 FUNCIONES DE LOS GEOTEXILES**

Si se entiende por refuerzo como la redistribución de fuerzas, debido a la inclusión de un material rígido de alta resistencia a la tensión cuyo módulo elástico sea mayor que el del material que irá a reforzar, al incluir un geotextil dentro de una estructura de pavimento, éste no cumpliría con la definición de refuerzo, entonces se preferirá la utilización de otro término para definir su comportamiento en este tipo de estructuras, este es el de intercapa. Estas intercapas son usadas para prevenir o reducir el calcado de grietas, la aparición de grietas del tipo de piel de cocodrilo y los fenómenos de ahuellamiento y corrugamiento. Las dos funciones básicas que cumple el geotextil impregnado con asfalto para poder suministrar sus beneficios, son las de:

### **3.2.1 Barrera Impermeabilizadora**

A pesar de que el concreto asfáltico ha sido sometido a un proceso de compactación y que su relación de vacíos es muy baja, hay que considerársele como un elemento permeable, a través del cual se infiltrará un gran porcentaje del agua superficial que podrá llegar a las capas granulares y a la subrasante, ablandando estos suelos afectando los parámetros de resistencia y deformabilidad.

Otro efecto igualmente adverso es el incremento de presiones de poros que reduce los esfuerzos efectivos del suelo, además se presentará el efecto prensa, que hace disminuir la disipación de los esfuerzos producidos por cargas de tráfico a través de las capas granulares, siendo estos transmitidos directamente por el agua que se encuentra entre las partículas

de suelo a la subrasante. Con el fin de evitar las situaciones anteriores, es necesario la colocación de una barrera impermeabilizadora que detenga el proceso de infiltración, prolongando la vida útil del pavimento, disminuyendo los costos de mantenimiento y posponiendo un nuevo proceso de repavimentación.

Tal barrera deberá estar conformada por un geotextil no tejido especial para aplicaciones de repavimentación, que servirá como medio para albergar una cantidad determinada de cemento asfáltico hasta lograr su saturación, además de una cantidad adicional para permitir la adhesión del geotextil a la capa asfáltica inferior (superficie antigua) y a la nueva capa de rodadura.

La cantidad de cemento asfáltico a utilizar es uno de los puntos donde se debe tener un mayor cuidado. Una de las normas constructivas internacionales para repavimentación (Task Force 25, compuesta por la AASHTO, la AGC y la ARTBA) que ha tenido la mayor aceptación por parte de los ingenieros viales en todo el mundo, exige que como mínimo la cantidad de cemento asfáltico para saturar al geotextil debe ser de  $0.90 \text{ l/m}^2$ , esta es una de las razones por las cuales el geotextil a usarse debe ser un no tejido punzonado por agujas, gracias a su espesor y porosidad que le permiten alojar tal cantidad de asfalto.

Se deben considerar otros factores adicionales para determinar la cantidad adecuada del cemento asfáltico o ligante a usarse, que contemplan el estado de porosidad del concreto asfáltico antiguo.

Una cantidad insuficiente de ligante podría causar que el geotextil no se sature totalmente, perdiéndose el efecto de impermeabilidad o puede que la adhesión entre el geotextil y las capas de concreto asfáltico no sea suficiente, originando tiempo después la aparición de pequeños baches (potholes). Una cantidad excesiva de ligante originará una superficie potencial de falla por deslizamiento, al igual que el conocido problema de la exudación de asfalto.

### **3.2.2 Membrana Amortiguadora de Esfuerzos**

Cuando una capa de repavimentación es colocada sobre la superficie antigua, los esfuerzos inducidos por agrietamiento en la capa de concreto asfáltico antigua, pueden ser transmitidos hacia la nueva capa de repavimentación, originando un agrietamiento por reflexión temprana. Esto resulta del contacto entre agregados del pavimento antiguo y la capa nueva de repavimentación.

Al instalar un geotextil para repavimentación entre las capas de concreto asfáltico nuevas y viejas ayuda a retardar el agrietamiento por reflexión, suministrando una capa flexible de espesor suficiente que absorbe parte de los esfuerzos entre la capa de pavimento antiguo y la capa de pavimento nuevo, permitiendo movimientos leves dentro de la intercapa de geotextil, sin tensionar la capa de repavimentación en concreto asfáltico. De esta forma se prolonga la vida de servicio de las capas repavimentadas. Los geotextiles no tejidos impregnados con asfalto tienen un módulo de elasticidad bajo y absorben las deformaciones sin transferirlas.

El geotextil para repavimentación alivia parcialmente la transferencia de esfuerzos inducidos por el tráfico en la cercanía de las grietas, actuando como una capa aliviadora de esfuerzos. La capa de base se protege de los esfuerzos cortantes generados por las cargas generadas por el tráfico y de aquí que sean toleradas deflexiones mayores. De estudios realizados se ha concluido que las 2/3 partes del alivio de esfuerzos se debe al cemento asfáltico que satura al geotextil y el resto es por el geotextil que funciona como contenedor.

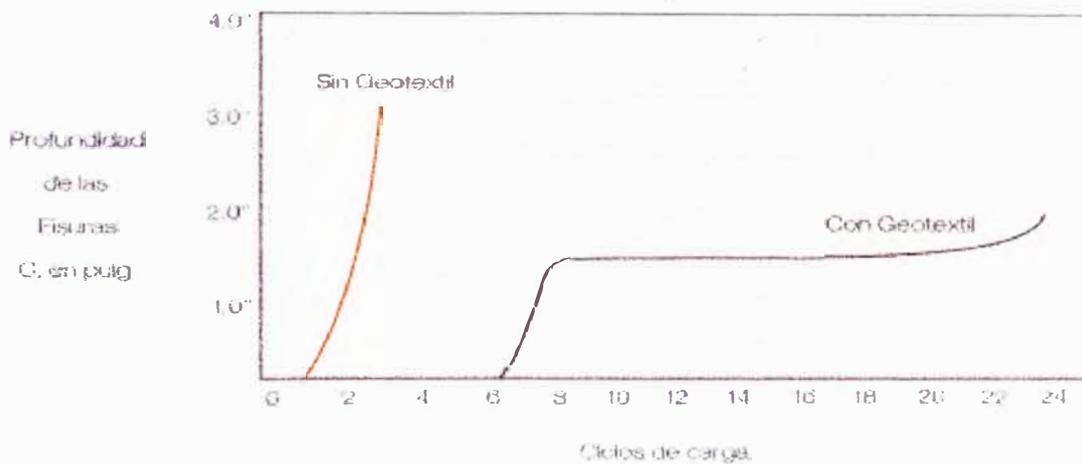
En el caso de que una estructura de pavimento en concreto tenga un espesor mayor, mayores serán los esfuerzos de tensión en la base cuando se defleccione debido a las cargas de tráfico. La mayoría de los agrietamientos en los pavimentos comienzan en la base del pavimento debido a los esfuerzos de tensión, continuando hasta la superficie.

Al colocar una capa de repavimentación sin una intercapa de geotextil se está incrementando el espesor total de la estructura del pavimento, aumentándose los esfuerzos a tensión en la base del pavimento promoviendo el agrietamiento.

Cuando se coloca una intercapa con geotextil se está generando un efecto de separación, permitiendo un desplazamiento relativo entre capas. Los esfuerzos de tensión generados, se podrán atribuir entonces al espesor individual de cada una de las capas, logrando disminuirlos.

Mediante la colocación de una intercapa que absorba los esfuerzos inducidos por las cargas cíclicas de tráfico, las capas de concreto asfáltico experimentarán menos

esfuerzos desarrolladores de grietas internas que aquellas secciones que no tengan intercapas. Debido a esto la vida de fatiga de un pavimento con una intercapa de geotextil para repavimentación, será mayor que la de un pavimento que no la tenga, tal como se muestra en la figura 3.1. La resistencia a la fatiga de una capa de repavimentación dependerá de las características de la membrana amortiguadora de esfuerzos incluyendo su módulo de elasticidad, espesor y de la cantidad de modificadores del asfalto.



*Figura 3.1 Respuesta a la fatiga de la capa de repavimentación asfáltica*

### 3.3 EFECTOS DEL AGRIETAMIENTO

Durante la vida de servicio de una estructura de pavimento, la superficie de ésta podrá sufrir defectos por las siguientes causas:

- Agrietamiento debido al envejecimiento de la capa de rodadura, movimientos por gradientes térmicos, movimientos relativos entre placas y por contracción. Inicialmente con la variación de temperatura se presenta la propagación inicial de las grietas y posteriormente éste efecto se aumenta

debido a la acción de las cargas generadas por el tráfico.

- Ahuellamiento debido a una falta de capacidad para resistir deformaciones.
- Agrietamiento por fatiga debido a efectos ambientales o a una falta de capacidad portante de la estructura.

El agrietamiento reduce la resistencia estructural del pavimento y lleva a un rápido deterioro de la construcción. Para que este ocurra, primero debe haber sufrido un proceso de iniciación. Las grietas crecerán como resultado de las cargas de tráfico, temperatura, deformaciones y calcado de grietas. A través de las grietas el agua penetrará a las capas granulares y a la subrasante, reduciendo su capacidad portante, por esto debe prevenirse la infiltración, dando como posibles soluciones el sellamiento de las grietas o en casos más extremos la repavimentación. Para el último caso se utilizan geotextiles no tejidos impregnados con asfalto.

### **3.3.1 Agrietamiento por fatiga.**

Una grieta o fisura puede iniciarse y crecer como resultado de la repetición de cargas de tráfico. Cuando una rueda pasa, la abertura se flexa, suministrando esfuerzos de tensión en los extremos de la grieta haciéndola crecer.

### **3.3.2 Agrietamiento por reflexión.**

Si la capa de repavimentación se aplica sobre grietas, los movimientos horizontales en la grieta existente también causarán deformaciones horizontales en la capa de repavimentación, llevando a la continuación del crecimiento de la grieta existente en la capa de repavimentación, que se conoce

como reflexión o calcado de grietas. Este agrietamiento ocurre debido a la diferencia de esfuerzos cortantes en ambos costados de la grieta. Pasa cuando una rueda pisa la grieta, cargando primero un borde de la grieta y posteriormente el otro.

Para evitar o retardar el agrietamiento por reflexión y el control de infiltración a través del pavimento, existen los siguientes sistemas que pueden ser utilizados de manera individual o conjunta:

- Geotextiles para repavimentación: combinación de geotextil y asfalto, en casos donde las grietas no sean por fallas estructurales.
- Membranas de intercapa absorbedoras de esfuerzos (SAMI): capas de cierto espesor con asfalto modificado.
- Sellos de arena-asfalto y sellos de asfaltos modificados: en procesos de agrietamiento incipiente.

Para escoger entre las opciones mencionadas anteriormente, es necesario llegar a una aproximación de ingeniería para cada problema específico, la cual debe incluir los siguientes ítems:

- Identificación del problema.
- Evaluación de los factores y mecanismos involucrados.
- Análisis de las posibles soluciones y sus respectivas limitaciones.
- Posibilidades en términos de la efectividad de cada solución versus los costos que acarrea.
- Análisis del proyecto y las consideraciones constructivas.

Pero aparte de esto, se debe mantener en la mente que el momento propicio para comenzar con la construcción de un sistema que retarde la aparición de grietas, es indudablemente durante las primeras etapas de aparición de éstas, cuando apenas se vislumbran grietas de líneas delgadas en el pavimento. En este punto, apenas poca agua se ha infiltrado a través de la estructura como para ablandar y debilitar el suelo de la subrasante.

### **3.4 CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN**

Para que el desempeño del geotextil durante su vida de servicio sea el correcto, deberá ceñirse a un proceso de instalación adecuado, cuyos principales cuidados deberán incluir:

#### **3.4.1 Determinación del Tipo, Cantidad y Nivel de Severidad de las Fallas del Pavimento.**

Las fallas en los pavimentos contemplan los tipos que se enunciarán a continuación:

##### **Fallas Superficiales**

- Agrietamiento en bloques, longitudinal y/o transversal. Las causas principales de estas son la contracción, endurecimiento por envejecimiento y condiciones ambientales donde las temperaturas son bajas.
- Deshilachamiento debido a una cantidad pobre de asfalto, envejecimiento y/o a la acción abrasiva del agua y las llantas de los vehículos.

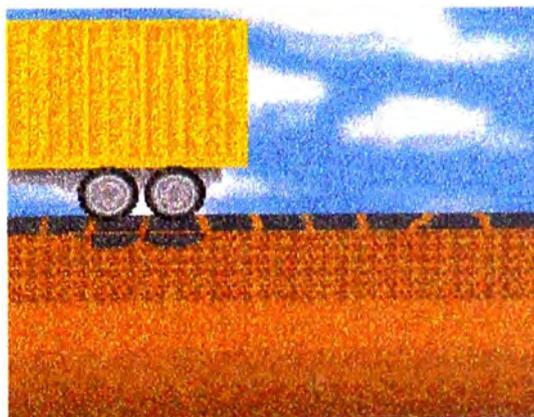
- Arrugamientos debidos al exceso de asfalto, de agua y/o presencia de agregados muy blandos en la mezcla del concreto asfáltico.

#### Fallas por Adhesión

- Agrietamientos por corrimiento originados principalmente por una cantidad insuficiente de cemento asfáltico como ligante, superficie del pavimento demasiado delgada, cargas horizontales originadas por el tráfico.

#### Fallas Estructurales

- Agrietamientos transversales por fatiga debidos a deflexiones excesivas en el pavimento y/o a un diseño inadecuado de la sección.
- Ahuellamientos debidos a un contenido de humedad excesivo y/o a un diseño inadecuado de la sección.
- Deformaciones severas longitudinales debidas a una falta de soporte en las bermas a la sección estructural del pavimento.

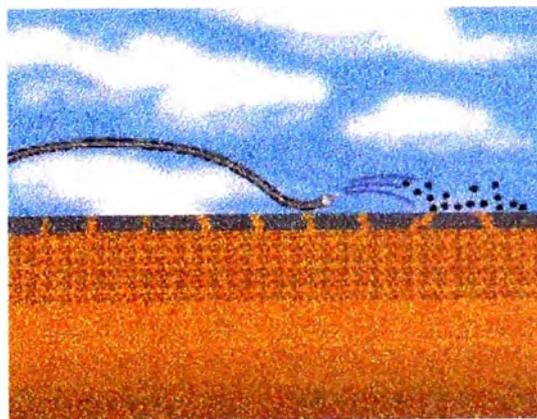


*Figura 3.2 Aparición de fisuras*

No es recomendable la utilización del geotextil en el caso de que se presente alguna de este tipo de fallas estructurales. Previamente al proceso de recuperación de la vía, deberán ejecutarse las medidas correctivas para subsanar todos los problemas que en el futuro estas pudiesen generar.

### **3.4.2 Condiciones y Limpieza de la Superficie.**

Para garantizar que la adhesión del geotextil a la capa de rodadura vieja y a la de repavimentación sea la adecuada, deberá preverse que la superficie sobre la cual se colocarán los rollos de geotextil esté razonablemente libre de elementos tales como mugre, agua, vegetación y escombros que pudiesen entorpecer el contacto entre el ligante asfáltico y la carpeta vieja. Los equipos recomendables utilizados en este tipo de operaciones son compresores neumáticos con boquillas adecuadas para limpieza o incluso se permite la utilización de escobas.



*Figura 3.3 Limpieza de la superficie*

### **3.4.3 Reparación de Grietas**

Después de terminar el proceso de limpieza, las grietas que excedan los 3 mm de ancho deberán ser sopleteadas y rellenadas en la medida de lo posible con asfaltos modificados bien sea con agregados minerales finos, elastómeros o fibras de poliéster. En el caso de que las grietas sean originadas por fallas estructurales, el pavimento será removido de su sitio alcanzando una profundidad donde la subrasante esté estable o 30 cms por debajo del pavimento sano.



*Figura 3.4 Sellado de la fisuras*

### **3.4.4 Tasa y Forma de Aplicación del Ligante Asfáltico.**

La cantidad de ligante asfáltico a utilizar depende de la porosidad relativa del pavimento viejo y del geotextil a usarse en el proceso de repavimentación, siendo esta una de las consideraciones de mayor relevancia para garantizar el correcto desempeño de esta membrana de intercapa viscoelastoplástica impermeable. De un trabajo presentado por Button (1982), éste

propone la siguiente ecuación para la determinación de la cantidad de ligante asfáltico:

$$Q_d = 0.362 + Q_s + Q_c$$

donde:

$Q_d$  = Cantidad de ligante según diseño ( $L/m^2$ )

$Q_s$  = Cantidad de ligante necesario para lograr la saturación del geotextil ( $L/m^2$ ). Este dato es suministrado por el fabricante. Es importante tener en cuenta que según las recomendaciones de la Task Force 25 de la AASHTO-AGC-ARTBA, este no podrá ser inferior a los  $0.90 L/m^2$  para lograr formar una capa absorbidora de esfuerzos, además de la adhesión entre las capas de concreto asfáltico.

$Q_c$  = Valor de corrección dependiendo de las condiciones de la superficie del concretoasfáltico de la capa vieja. Oscila entre  $0.05 L/m^2$  para superficies niveladas hasta  $0.59$  para superficies porosas y oxidadas.

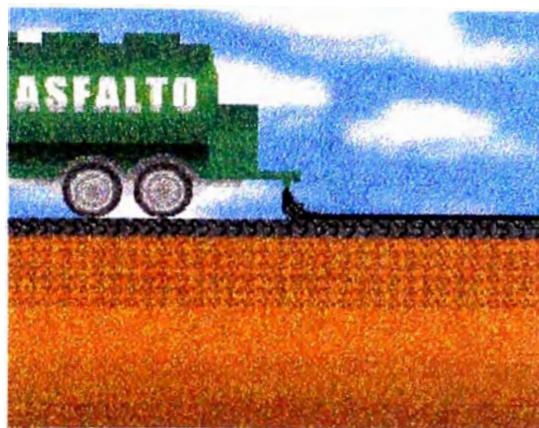
Sin embargo en varias obras los valores obtenidos de ensayos realizados en campo son bastante menores que los obtenidos en la fórmula de Button. Es por esto recomendable que antes de iniciar una repavimentación utilizando el geotextil se determine la cantidad óptima de ligante asfáltico a usarse y de esta forma evitar posibles problemas de exudación e incluso la generación de una superficie de deslizamiento. Una manera rápida y sencilla es mediante la imprimación de un área determinada que se sugiere sea de  $1.0 m * 1.0 m$ , con diferentes cantidades de ligante, teniendo en cuenta que su

regado sobre la superficie debe ser uniforme. Una vez la temperatura del ligante ha alcanzado una temperatura de 115°C, se procede a colocar un pedazo de geotextil con un área igual a la de prueba, y se fija sobre el ligante verificando que no queden arrugas. Una manera de ver si la cantidad de ligante es la adecuada es intentando desprender manualmente el geotextil de la superficie, si esto no se logra y al pisar el geotextil se ve como este empieza a absorber el ligante y mediante esta presión este pasa hasta la cara superior, se puede pensar que se ha llegado al punto óptimo para la tasa de imprimación con ligante asfáltico. Si se trabaja con emulsiones deberá esperarse a que esta haya roto y que el agua se haya evaporado.

Usualmente las tasas de aplicación para el ligante asfáltico oscilan entre 0.90 y 1.20 L/m<sup>2</sup>, incluida la cantidad necesaria para garantizar la adhesión del conjunto geotextil-asfalto al concreto asfáltico. Para una tasa de aplicación inferior a los 0.70 L/m<sup>2</sup> usada únicamente para saturar el geotextil, se ha podido comprobar que el efecto de barrera impermeable se vuelve despreciable.

Las técnicas de imprimación requieren que los equipos a usarse coloquen el ligante a una tasa uniforme, siendo conveniente el uso de equipos mecánicos, tales como los tanques o camiones irrigadores para este fin. Sin embargo de las experiencias nacionales se ha podido demostrar que a pesar de utilizar un método tan primitivo, como lo es el del tarro con perforaciones en su cara inferior, lleno de asfalto líquido, "duchando" la superficie de la vía, se puede lograr una aplicación adecuada del ligante, teniendo en cuenta que ésta debe ser homogénea y uniforme, y que la tasa de aplicación

cumpla con los requerimientos mínimos para lograr una correcta adhesión y evitar fallas por deslizamiento, corrimiento o exudación. Otro factor importante es el control de temperatura, pues se ha visto en varios casos una degradación del ligante que llega a cristalizarse, perdiéndose así al saturar al geotextil, su función de membrana viscoelastoplástica y no logrando un beneficio total.



*Figura 3.5 Imprimación con asfalto*

### **3.4.5 Temperaturas de Trabajo.**

Los dos polímeros de uso más frecuente en la fabricación de los geotextiles para repavimentación son el polipropileno y el poliéster. Las diferencias básicas entre los dos radican en el precio de la materia prima, en el punto de fusión y los posibles problemas por contracción que estos puedan sufrir.

Partiendo de estudios realizados por Caltrans, el departamento de transporte de Texas y el condado de Los Angeles, se advirtió que los geotextiles de polipropileno sufren por contracción cuando las temperaturas del ligante se

encuentran por encima de los 120°C, mientras los de poliéster no sufren ya que su punto de contracción está por encima de los 204°C. Siendo las temperaturas normales del ligante asfáltico en las repavimentaciones de 120°C a 160°C, se debe verificar que la temperatura en el momento de colocación del geotextil sobre la superficie no exceda los 115°C, garantizando de esta manera que la contracción del geotextil no se pase de los 15 centímetros por rollo (valor mínimo recomendado). Para evitar los posibles problemas que se puedan presentar en los geotextiles por temperatura, la Task Force 25 recomienda que el punto de fusión sea como mínimo de 150°C.

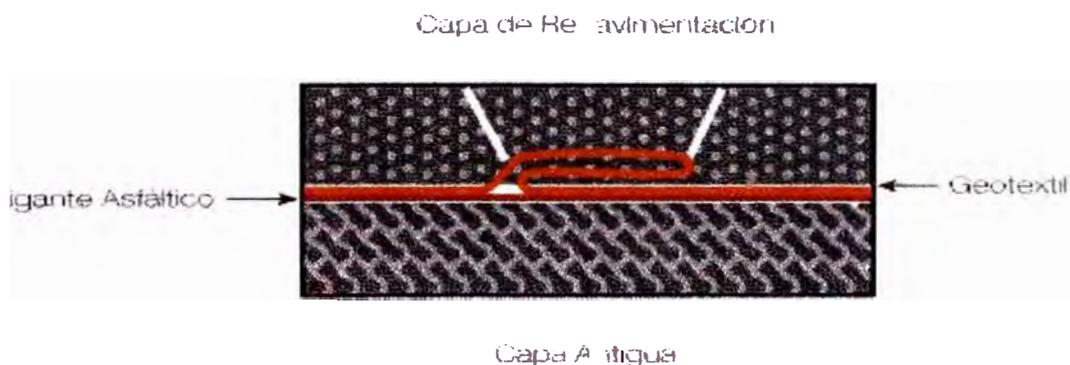
#### **3.4.6 Tratamiento a las Arrugas que se puedan formar**

Otra de las consideraciones críticas es la instalación correcta del geotextil sobre la superficie de la vía impregnada con ligante asfáltico, evitando al máximo la formación de arrugas ya que estas no permitirán que la absorción del asfalto líquido sea suficiente para la formación de la barrera impermeable, reduciendo los beneficios a largo plazo de esta membrana de intercapa.

En la figura 3.6 se puede observar como en la zona de la arruga se generan tres capas de geotextil, haciendo imposible su saturación con ligante asfáltico. Es en estas pequeñas zonas, donde de no hacerse las correcciones en el momento preciso, no se logrará ni una impermeabilización ni se generará una adhesión adecuada, generándose fisuras y desprendimientos en pequeños bloques tiempo después de la

carpeta asfáltica que se encuentra justo encima de las arrugas excesivas.

La instalación del rollo de geotextil puede ser realizada manual o mecánicamente, existiendo equipos patentados para la colocación de los rollos. En nuestro medio la instalación se ha venido haciendo manualmente, siendo necesaria una cuadrilla de tres personas (dos manteniendo la alineación del rollo y desenrollándolo, y otra persona cepillando sobre el geotextil, eliminando al máximo las arrugas), sin necesidad de ser mano de obra capacitada ni especializada.

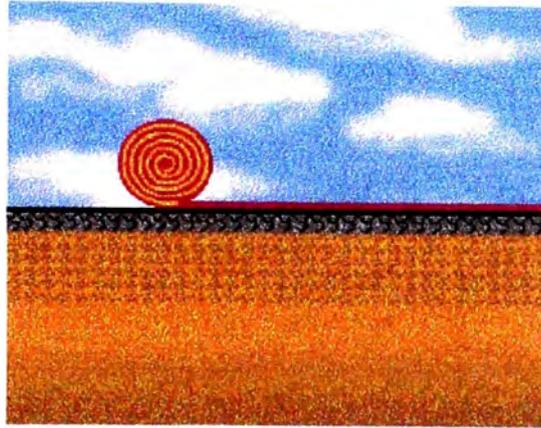


*Figura 3.6 Formación de arrugas*

Los cuidados principales para el tratamiento de las arrugas incluyen los siguientes:

- Las arrugas y dobleces de mas de 25 mm deberán rasgarse y aplanarse siempre en el sentido del avance de los equipos utilizados en la repavimentación, para evitar levantamientos.
- En el caso de que la arruga o doblez sobrepase los 50 mm, este exceso deberá ser eliminado.

- Las arrugas traslapadas en el geotextil deberán contemplar el uso de ligante adicional para saturar las dos capas de geotextil y formar una liga, evitando posibles planos de deslizamiento.



*Figura 3.7 Colocación del geotextil*

### **3.4.7 Longitudes de Traslapes.**

Para evitar problemas de riegos inadecuados e insuficientes para lograr satisfacer los requerimientos de saturación del geotextil y la adhesión al concreto asfáltico, deberá contemplarse la menor dimensión posible para la conformación de los traslapes entre rollos adyacentes. Como regla general los traslapes longitudinales no deben exceder los 15 cm y los transversales los 30 cm. En las zonas de traslapes se debe hacer una impregnación adicional con ligante asfáltico para garantizar la saturación total del geotextil.



*Figura 3.8*

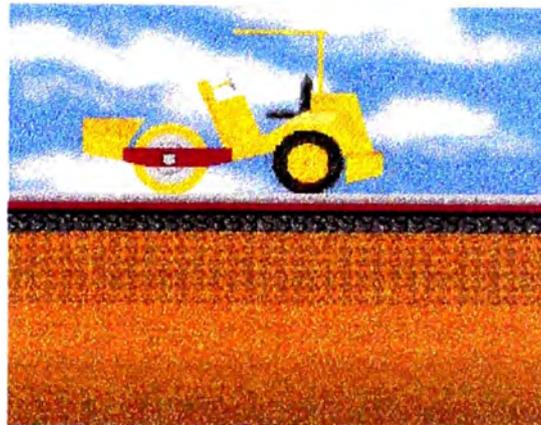
### **3.4.8      Espesores Mínimos de la Capa de Repavimentación.**

Se considera al igual que en cualquier procedimiento de repavimentación que el espesor mínimo constructivo de la nueva capa debe ser de por lo menos de 30 mm para pavimentos flexibles y de 40 mm para pavimentos rígidos. Para lograr un mayor beneficio cuando se rehabilite un pavimento rígido, es necesario nivelar y estabilizar las placas, colocar una capa de concreto asfáltico de gradación abierta y sobre esta el geotextil de repavimentación. Al colocarse capas de repavimentación con espesores menores a los recomendados se presentan pérdidas de temperatura de la mezcla asfáltica, evitando la saturación del geotextil ya que el ligante al no estar totalmente fundido no alcanza a ser absorbido por el geotextil.

### **3.4.9      Colocación de la Capa de Repavimentación.**

La capa de repavimentación de concreto asfáltico podrá ser colocada inmediatamente después de haber sido instalado el geotextil. La única precaución que se debe tener en cuenta es que los equipos de construcción no realicen movimientos bruscos sobre el geotextil. Para evitar una

adherencia excesiva entre las llantas de los equipos y el geotextil del tipo no tejido punzonado por agujas, este tiene un diseño especial. Normalmente se termofunde una de sus caras que será finalmente la que quedará hacia arriba en contacto directo con los equipos y la otra sin ningún tratamiento especial quedará colocada hacia abajo sobre el ligante asfáltico.



*Figura 3.9 Compactación de la capa de repavimentación*

Para facilitar un mayor contacto del geotextil con el ligante y eliminar en mayor proporción las arrugas del geotextil, se podrán utilizar equipos mecánicos como es el caso de una máquina selladora con llantas neumáticas. Luego de esto se coloca el concreto asfáltico por medio de una finisher y se procede a compactar al igual que en cualquier proceso de repavimentación.

Se deben tener cuidados especiales con las condiciones climatológicas, pues nunca se podrá instalar el geotextil cuando la capa de pavimento antiguo esté en condiciones húmedas. En el caso de querer hacer grandes avances en la instalación del geotextil es necesario preveer que

no lloverá en la zona. Esta es la única condición que pudiera llegar a afectar el avance de obra. A manera de solución parcial para los casos donde el geotextil se haya mojado se podrá soplar con aire a presión para eliminar la humedad, aunque cabe mencionar que es un método poco eficiente.

#### **3.4.10 Cuidados de Almacenamiento.**

Con el fin de evitar el humedecimiento y la degradación originada por la radiación ultravioleta de los rollos de geotextil, estos deberán estar protegidos por una envoltura plástica, además debe preverse que los rollos estén protegidos con una cubierta impermeable y levantados sobre el piso. La humedad del rollo generará posibles rechazos del geotextil cuando se intente saturar con el ligante asfáltico durante el proceso de colocación y compactación de la capa de repavimentación, al no poder escapar al vapor de agua generado.

### **3.5 EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE GEOTEXTILES EN OBRAS DE REPAVIMENTACIÓN**

#### **3.5.1 Remodelación y Ampliación de la Av. Venezuela - Callao**

En la provincia constitucional del Callao, en el mes de Febrero de 1998, tomando en consideración el grado de deterioro, el tiempo de servicio, la importancia de la vía, entre otros factores, se decidió ampliar y remodelar la Av Venezuela.

En el tramo comprendido entre el ovalo Saloom y la Av. Elmer Faucett el estudio determino la demolición total de algunas losas enteramente agrietadas para ser reemplazadas con una estructura semejante a la original, es decir pavimento rígido y, en la repavimentación de algunos tramos utilizando geotextiles, funcionando en este caso como capa de transición entra el pavimento existente y el nuevo.

A continuación se muestran fotografías del actual estado de la vía rehabilitada, casi tres años después de su ejecución, en las cuales se aprecia los resultados obtenidos, vale decir el buen comportamiento del pavimento en la mayoría de los tramos y las fallas ocurridas sea por razones técnicas en el diseño o en la ejecución de la obra.

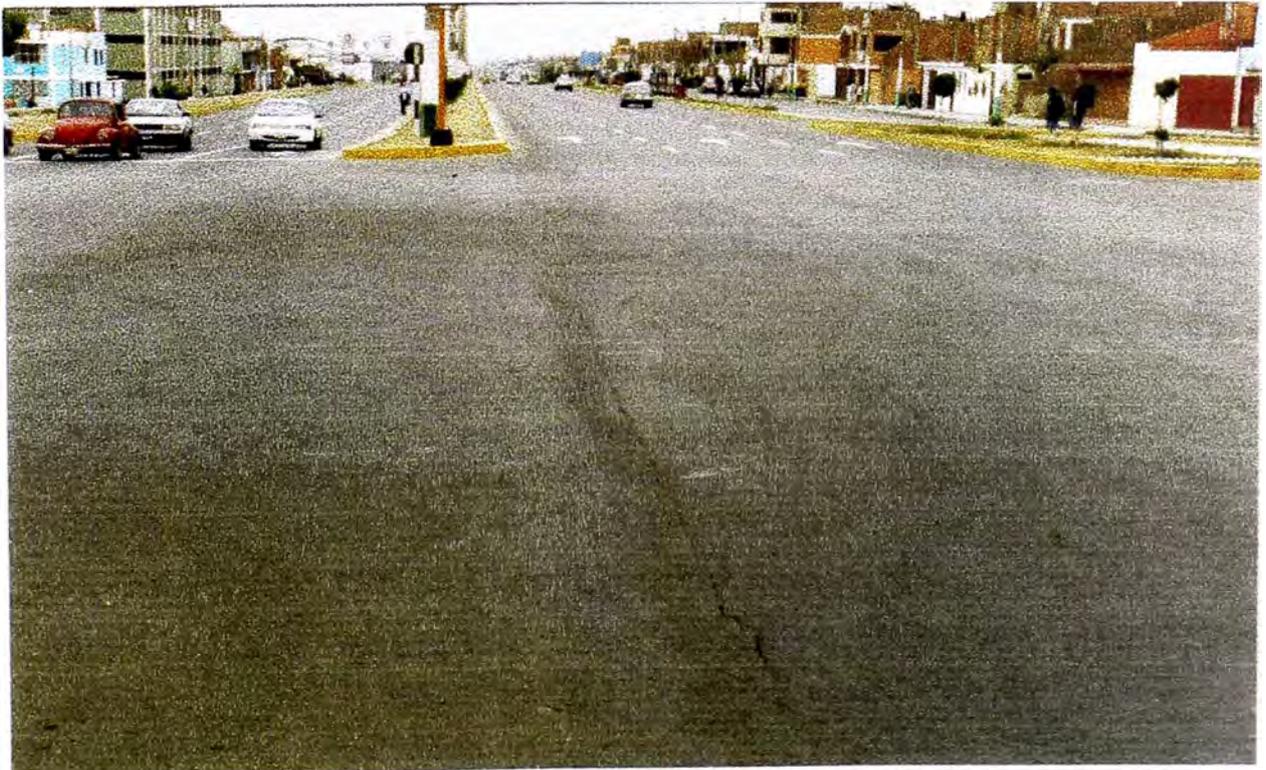
- **Fotografía 3.1:** Vista panorámica de la Av. Venezuela en su tramo ampliado y rehabilitado hace poco mas de dos años.
- **Fotografía 3.2:** Empalme entre el pavimento nuevo construido (derecha) y el pavimento rehabilitado utilizando geotextiles (izquierda).
- **Fotografía 3.3:** Después de dos años de funcionamiento de la vía rehabilitada se puede observar fisuras longitudinales en algunas zonas de empalme del pavimento nuevo y rehabilitado.
- **Fotografía 3.4:** Estas fisuras transversales a la vía pueden tener su origen en un exceso de imprimante o a la generación de arrugas en el proceso de colocación del geotextil.



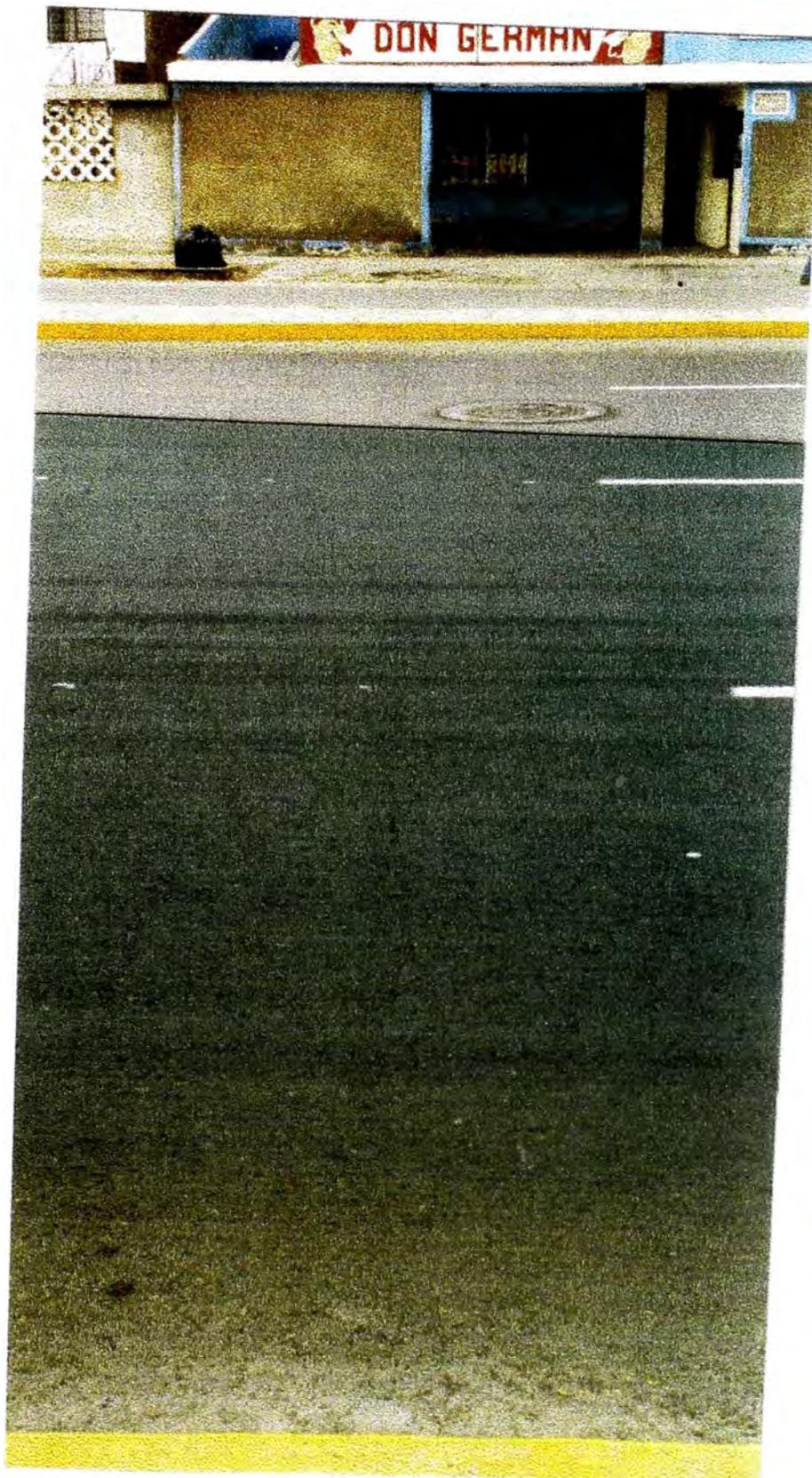
*Fotografía 3.1*



*Fotografía 3.2*



*Fotografía 3.3*



*Fotografía 3.4*

### **3.5.2 Repavimentación con Pavimento Flexible y Geotextiles en la Autopista Sur de Medellín Colombia**

A raíz del marcado deterioro que presentaba el pavimento del carril oriental de la autopista sur (carril de alta velocidad adjunto al río Medellín), y siendo esta vía una de las más importantes de Medellín para el tráfico intermunicipal, la administración municipal realizó el proceso de rehabilitación.

Es así como la secretaría de obras públicas municipales de Medellín, departamento de pavimentos, del 5 al 9 de octubre de 1.998, ejecutó cuatro tramos de prueba con el fin de verificar el comportamiento a largo plazo de diferentes técnicas de rehabilitación de pavimentos. Una de las alternativas consistió en colocar geotextil no tejido punzonado, entre la capa antigua de pavimento y la nueva capa, saturado con una cantidad suficiente de ligante asfáltico para convertirse en una barrera impermeable y una membrana amortiguadora, retardando así el calcado de grietas en la nueva carpeta. La utilización del geotextil para los trabajos de repavimentación incremento notablemente la vida útil del pavimento, garantizando un buen nivel de servicio durante el período de operación de la vía.

Para determinar el estado del pavimento se midieron deflexiones utilizando la viga Benkelmann doble, obteniendo resultados muy por debajo de los límites admisibles. Según el tráfico existente de la vía, ésta no requiere refuerzo, pero en vista de los fallos que presenta tales como grietas

longitudinales, transversales, piel de cocodrilo aislada y desgaste superficial del pavimento, es necesario realizar una rehabilitación como mantenimiento preventivo de la vía, que se va a utilizar también como ciclovía, La rehabilitación se hizo utilizando diferentes técnicas que sirven como tramos de prueba para estudiar su efectividad en el aumento de vida útil de la vía (Figura 3.10).

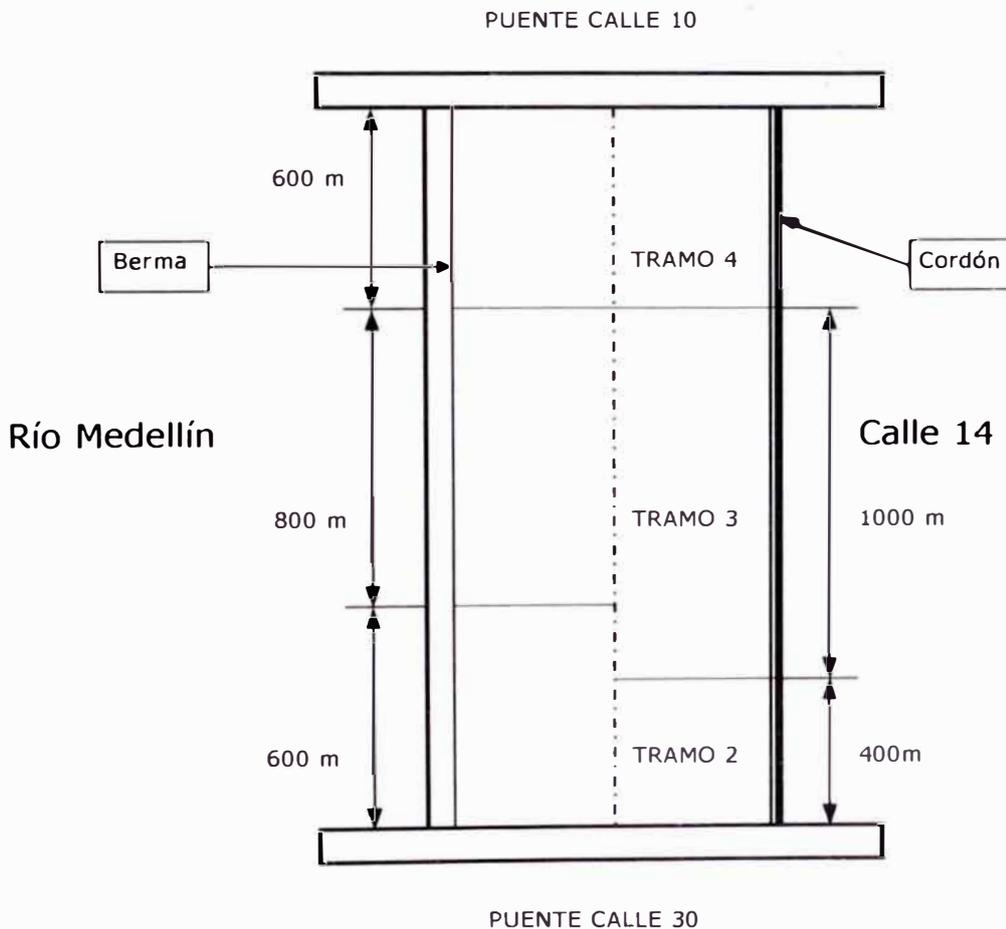


Figura 3.10 Esquema de planta con tramos de prueba

Los tramos de prueba son los siguientes:

### **Tramo 1**

En este tramo existían losas de concreto, muy deterioradas y su tratamiento consistió en el sellado de juntas con asfalto polimerizado, una base asfáltica de 2 ½", imprimación y carpeta asfáltica de 2". Ubicado entre la Plaza de toros la Macarena y el Puente de Guayaquil.

### **Tramo 2:**

En esta sección se hizo un sellado de grietas, imprimación y se colocó una carpeta asfáltica de 2" sin geotextil de repavimentación. Este tramo se encuentra entre la calle 30 y 400 m más hacia el sur.

### **Tramo 3:**

En este tramo se encontraba un pavimento flexible donde se realizó el sellado de grietas y parcheo de fallos, luego se hizo una imprimación con emulsión asfáltica y se colocó un geotextil no tejido y una carpeta asfáltica de 2". Este tramo se localiza entre la calle 30 y la calle 14 con una longitud en el carril derecho de 1 000 m y en el izquierdo de 800 m.

### **Tramo 4:**

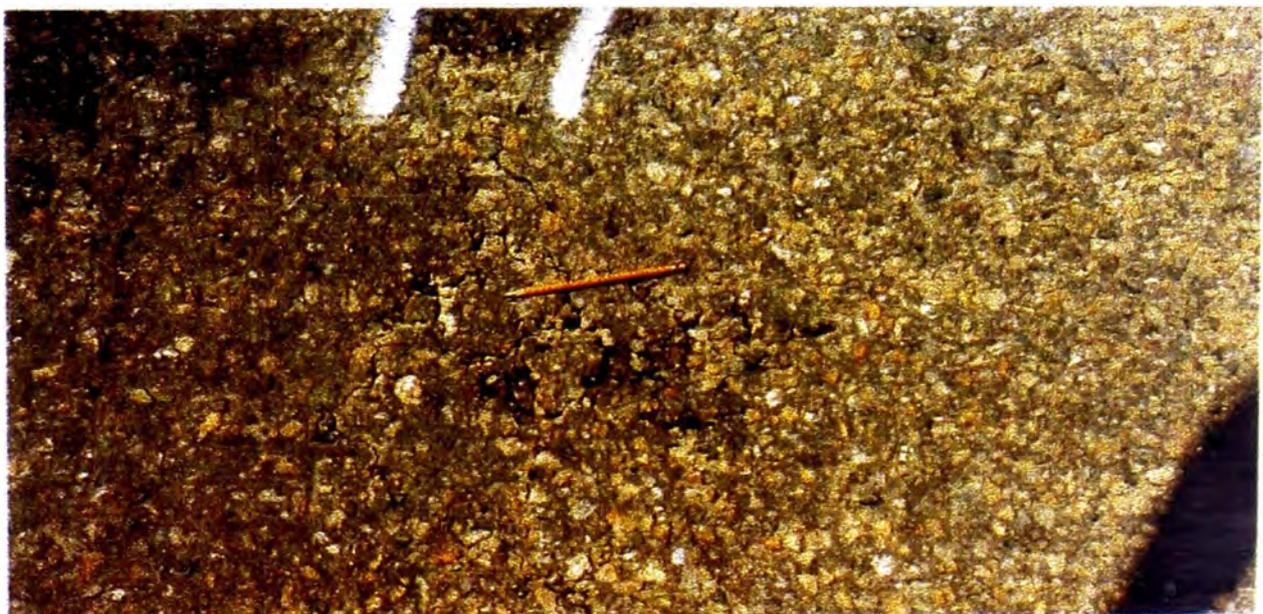
En este último tramo se realizó fresado de carpeta en 2" de espesor, luego se hizo imprimación y se colocó una carpeta asfáltica

de 2". Este tramo está ubicado entre la calle 14 y calle 10 en una longitud de 600 m.

La metodología seguida en el tramo 3, fue la siguiente:

**A. Determinación del tipo, cantidad y severidad de las fallas del pavimento**

Se realizó un análisis metro a metro del estado de la vía, y con el fin de hacer un seguimiento a estos tramos de prueba, para comprobar su efectividad en el tiempo, se realizó conjuntamente con la secretaría de obras públicas municipales, departamento de pavimentos, un inventario referenciado, teniendo en cuenta la numeración de los postes, de las grietas y fisuras existentes en el pavimento por medio de esquemas y fotografías de la Autopista. Lo anterior se tomó como base para medir el tiempo que estas grietas demoran en cascarse en el pavimento nuevo, verificando el aumento de vida útil. (Fotografía 3.5).



*Fotografía 3.5 Estado de las fisuras del pavimento*

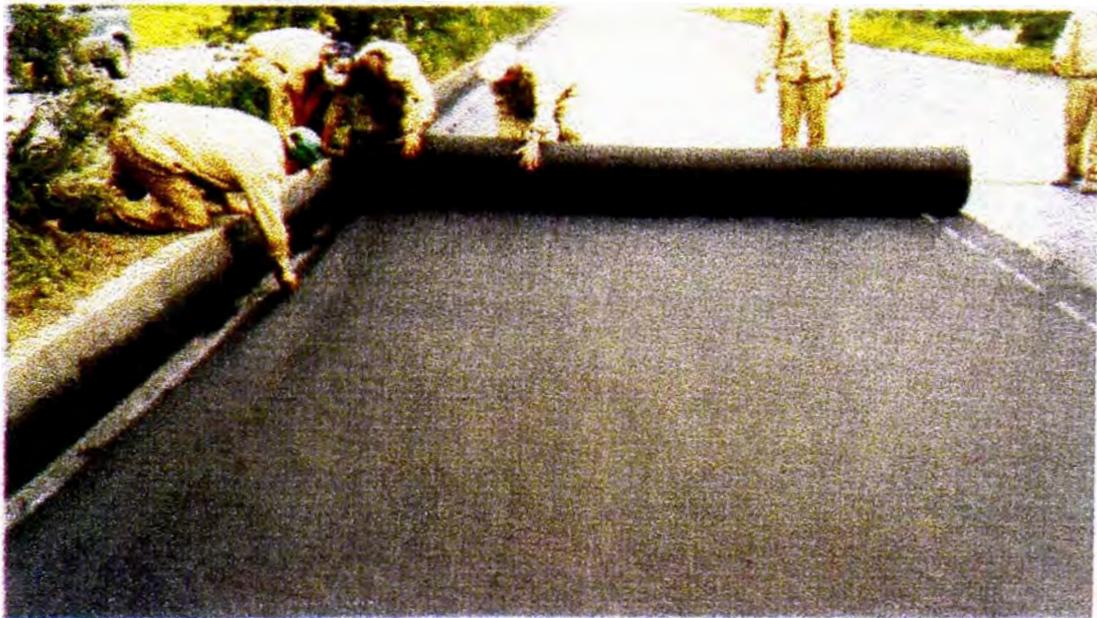
Para evaluar el estado del pavimento se sacaron núcleos, los cuales mostraban la profundidad de las grietas.

## **B. Aplicación del ligante asfáltico**

La imprimación se realizó con emulsión canónica de rompimiento lento ECRL, 40 % Agua, 60% Asfalto, en una cantidad de 2 lt/ M2 para la colocación adecuada del geotextil no tejido y se esperó un periodo de 2 horas a una temperatura ambiente de 27°C, para su rompimiento. La cantidad de emulsión se definió de acuerdo a la porosidad del pavimento existente y a la cantidad de ligante necesaria para saturar el geotextil de repavimentación. La cantidad adecuada debe saturar el geotextil para que se convierta en una barrera impermeable y en una membrana amortiguadora que absorba los esfuerzos inducidos por agrietamiento en la capa antigua de pavimento, retardando la reflexión de grietas en la nueva capa asfáltica. Por otro lado, se debe colocar una cantidad adicional de ligante asfáltico que garantice una correcta adherencia entre las dos capas de pavimento, evitando cualquier desplazamiento.

## **C. Colocación del geotextil**

El ancho del Geotextil no tejido utilizado en la repavimentación fue de 3.80 m con 200 m de longitud en cada rollo. El geotextil se colocó manualmente utilizando una cuadrilla de 6 personas, evitando al máximo la generación de arrugas. Los traslapes longitudinales fueron de 20 cm y los transversales de 30 cm. (Fotografía 3.6).



*Fotografía 3.6 Colocación del geotextil*

#### **D. Colocación de la capa de Repavimentación**

La nueva capa de concreto asfáltico se colocó inmediatamente después de instalado el geotextil (Fotografía 3). Se contó con la colaboración de la Secretaría de Transporte y Tránsito para los cierres permanentes de la Autopista en el periodo de su rehabilitación. Para mejorar el drenaje de la vía en algunos sitios se realizaron, en forma manual, canales para la prevención de posibles encharcamientos que pudiera presentar la vía (Fotografía 3.7).

Hasta la fecha el pavimento del tramo 3 presenta un comportamiento normal, sin aparición de grietas.



*Fotografía 3.7 Tren de volquetes con mezcla asfáltica pasando sobre el geotextil, y colocación de la mezcla asfáltica*

## CAPÍTULO IV

# GEOMALLAS

### 4.1 DEFINICIÓN

Son elementos hechos a base de polímeros de alta densidad, química y biológicamente inertes, resistentes a procesos degenerativos de suelos y se caracterizan por su gran resistencia (Figura 4.1).

Con respecto a los geotextiles, las geomallas son productos plásticos de menor flexibilidad, presentan como su mismo nombre lo indica una apariencia de malla o rejilla con espacios abierto de gran tamaño, siendo la función principal el refuerzo.

A las geomallas también se las denomina geogrillas, siendo su denominación *geogrids* en el idioma inglés.



*Figura 4.1*

## **4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS GEOMALLAS**

Existen básicamente dos tipos de geomallas:

- Geomallas orientadas uniaxialmente o monodireccionadas, y
- Geomallas orientadas biaxialmente o bidireccionales.

## **4.3 FABRICACIÓN DE LAS GEOMALLAS**

En general se fabrican a partir de láminas o hilos extruidos de polietileno, polipropileno o de fibras gruesas usualmente de poliéster de alta tenacidad, tejidas o unidas entre sí mediante diferentes procesos como por ejemplo ultrasonido.

La fabricación se puede realizar perforando sobre una lámina o geomembrana pequeños orificios siguiendo un patrón uniforme o extruyendo hilos en forma de malla. La malla orientada es luego esforzada en una o dos direcciones. En los productos deformados

uniaxialmente, la malla usualmente de polietileno, es forzada en una dirección de diferentes maneras.

#### **4.4 FUNCIONES DE LAS GEOMALLAS**

Debido a su alto módulo de tensión las geomallas están reemplazando los geotextiles en todas las aplicaciones con función de refuerzo. La razón es evidente si pone atención a la formulación teórica del concepto de suelo reforzado. En resumen podemos sintetizar las funciones de las geomallas en obras de ingeniería civil de la siguiente manera:

- Refuerzo
- Estabilidad superficial
- Permeabilidad

#### **4.5 TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANIPULEO**

El uso de geomallas en la ingeniero civil como una alternativa de solución a los diferentes problemas de la geotecnia en nuestro país es muy importante, ya que manipulando y aplicando correctamente tiene un comportamiento eficaz.

Es responsabilidad del ingeniero dirigir la adecuada aplicación de la geomalla en la obra; así como también mantener un control eficaz en el transporte, almacenamiento, manipuleo y colocación.

#### **4.5.1 Transporte de las Geomallas**

No existen recomendaciones especiales sin embargo es necesario evitar que durante el cargamento, transporte y descargamento dei rollo sean provocados daños a la cobertura plástica que lo protegen y especialmente a las primeras vueltas dei rollo (hongos, rasgos, etc.).

#### **4.5.2 Almacenamiento de las Geomallas**

En nuestro país generalmente la geomalla es presentado en rollos o bobinas debidamente envueltas por una cobertura protectora de plástico, estando éstos formados por laminas de geomalla enrollado sobre un buje de cartón de 0.15 m a 0.25 m de diámetro , lo que le da la resistencia necesaria para las operaciones de manipuleo , transporte y colocación de la obra.

##### **Almacenamiento de corta duración**

Para el almacenamiento de corta duración no son necesarias precauciones particulares, bastando en la mayoría de los casos, mantener las condiciones de embalaje por tanto muy importante hacer una cobertura complementaria con material opaco e impermeable

##### **Almacenamiento de larga duración**

Cuando los polímeros sintéticos son expuestos a los rayos ultra-violeta muestran variaciones de sus propiedades mecánicas de esta manera la geomalla debe ser almacenado en un local cubierto protegido de la luz solar.

### **4.5.3 MANIPULEO DE LA GEOGRILLA**

Según las dimensiones el peso de los rollos de geomalla pueden ser manipulados y desenrollados manualmente o necesitar de equipamiento para su elevación y transporte propios de la misma obra (cargadores, grúas, etc.)

#### **Corte del geomalla**

El ancho de los rollos de geomallas puede no adaptarse a las necesidades de la obra, exigiendo que este sea cortado o porque las necesidades de la obra son reducidas .

El corte de la geomalla puede ser hecho de acuerdo con las necesidades de la obra por medio de tijeras , cuchillos, laminas afiladas, etc. En el rollo el geomalla puede ser fácilmente cortado por filamentos calentados por electricidad (couting).

#### **Reparación en la geomalla**

Como la geomalla es usada como refuerzo y las tensiones mecánicas lleguen a ser elevadas es necesario la colocación de otra malla , unido por costura mecánica.

#### **Unión de mallas**

La unión de las mallas puede ser hecha de diferentes maneras. La elección dei método de unión y la disposición de los bordes son en realidad derivadas de la naturaleza de la obra y de la función que el geomalla va desempeñar.

La unión puede ser hecha de las siguientes maneras:

- *Unión por sobre posición:* Generalmente la unión por sobre posición; simple recubrimiento de un borde de la malla sobre otro, se posiciona entre 0.30 m y 1 m según las características del suelo que soporta.
- *Unión por costura:* La costura debe ser hecha con máquina, con hilo multifilamento de nylon plastificado de alta tenacidad con resistencia a alta tensión.
- *Otros métodos de unión.* Un método alternativo es aquel donde se utiliza grapas de hierro, para fijar y unir las mallas. El uso de grapas de manera general está condicionado a materiales resistentes a la oxidación y a las peculiaridades de la obra.

## **4.6 PROCESO DE INSTALACIÓN**

A continuación se describe la técnica para la instalación de geomallas sobre una superficie dañada de pavimento bituminoso antes de colocar una capa con asfalto en caliente rodillado o un bitumen denso tipo Macadam.

### **4.6.1 Equipos / Materiales requeridos.**

- Viga tensionadora.
- Pegamento especial.
- Grampas de fijación.

- Equipo para remover la viga tensionadora cuando es usada.
- Cortadora, algunas veces será necesario cortar el rollo en este caso usar cortadora de disco.
- Herramientas manuales: alicate y otros.

#### **4.6.2 Equipos de Colocación/Materiales**

- Equipo de esparcido de bitúmenes.
- Emulsión bituminoso.
- Piedrecitas limpias, tamaño 10 mm.
- Rodillo de 8 toneladas.

#### **4.6.3 Preparación de sub base**

- La superficie sobre la cual se colocará la geomalla deberá ser razonablemente plana. Las áreas con hueco serán parchados usando los métodos tradicionales.
- Todos los materiales sueltos, piedras, polvo y vegetación deberán limpiarse de la área.
- Medir el área que deberá ser cubierta y cortar los rollos con el disco sierra. Siempre cortar considerando un empalme entre rollos de no menos de 100 mm.
- Desenrollar la geomalla a lo largo de la sección de la sub base.

#### **4.6.5 Técnicas de instalación**

- A. Asegurarse que la geomalla cubra toda la superficie a tratarse.
- B. Fijar a un extremo de la geomalla al material de base usando una pistola de uñas y apropiadamente el clip fijador. En una base de concreto la longitud de fijación deberá ser de 32 mm.
- C. Las fijaciones deberán ser espaciadas a intervalos aproximadamente de 200 mm cuando es fijada a la base de concreto. La fijación será hecha transversalmente al sentido longitudinal de colocación de la geomalla. Esto previene un desgarramiento de malla cuando es puesto bajo tensión. Dos hileras de grampas serán usados alternativamente espaciadas a través de la malla.
- D. Para tensionar las geomallas seguir los siguientes pasos:
  - Fije el material de la geomalla al material de base.
  - Enganchar la viga de tensiones al vehículo a utilizar para el tensionado. Deberá realizarse el tensionado al nivel de la superficie a tratar.
  - Aplicar tensión a la malla lentamente tirando la viga de tensión.
  - Al momento de poner la malla bajo tensión, es importante manipular la malla transversalmente sacudiendo las ondulaciones a lo largo de la longitud del rollo. Esto permitirá que la malla se oriente correctamente y por lo tanto producirá una tensión uniforme a lo largo de la malla.

- La correcta cantidad de tensión puede ser juzgada por lo siguiente:
  - Suficiente tensión para remover todas las arrugas u ondulaciones.
  - Colocar la posición de la viga de tensión sobre la base de la carretera.
  - Aplicar la tensión adicional produciendo una tensión de 250 mm de extensión por 50 metros de longitud de rollo.
- Fijar el extremo de la geomalla tensionada a la sub base usando los instrumentos de fijación.
- Cuando se colocan los rollos adyacentes, no se requiere más fijación que trasladar un mínimo de 1 00 mm.

Es posible tensionar varios rollos en una misma operación, uniendo sucesivos rollos con grapas y anillos.

- E. Cuando la malla ha sido colocada bajo los requerimientos de fijación y tensión, deberá efectuarse inspección sobre dicha área.
- F. Donde existan depresiones, deberán ser corregidas.
- G. No se permitirá tráfico sobre la malla tensionada hasta acabar el tendido completo.

#### **4.6.5 Operación de tendido**

Antes de usar la esparcidora mecánica, la malla debe ser recubierto por cualquiera de las siguientes formas:

- Riego de bitúmenes y piedras pequeñas.
- Poner manualmente una capa de bitumen denso.

### **Método A:** Esparcido y Gravillado.

- Aplicar una rápida capa de una emulsión de bitumen. Convencionalmente no conviene en superficies cuya temperatura es menor de 10° C.
- La aplicación tipo de bitumen será seleccionada acorde a la superficie existente de textura y porosidad.
- Para evitar la excesiva penetración de la emulsión, para una superficie de textura abierta debiendo cubrir con gravilla impía de 6 mm, arena o cubierta de madacam, usando lo justo para llenar los espacios vacíos de la superficie. La gravilla o cubierta de madacam será rodillado.
- Para superficies rugosas o de concreto molido puede ser necesario aplicar una capa regularizadora de cubierta de madacam.
- Tender sobre la superficie una gravilla de diámetro dominai de 10 mm, inmediatamente esparcir el asfalto en una proporción de 8 a 10 kglm<sup>2</sup>.
- La gravilla deberá ser limpia de piedra partida o escoria
- La gravilla será colocada por una esparcidora mecánica a fin de tener una distribución uniforme.
- Rodillar la superficie presionando la gravilla dentro de la ligadura con un rodillo neumático de preferencia. De usar un rodillo de acero este no debe exceder de 8 toneladas con dos pasadas sobre la gravilla.
- El tráfico puede ser permitido después de completar el tratamiento de la superficie.

- La velocidad del tráfico será restringida a 20 kph hasta que el asfalto este completamente curado.
- Es recomendable que el ligante sea colocado 6 a 8 horas antes que la superficie sea curado y para la pavimentación mecánica deberá tomarse las siguientes notas:
  - El tiempo de curado depende de las condiciones locales.
  - La superficie deberá primero barrerse o barrer la gravilla suelta.
  - La temperatura del asfalto no excederá 155° C.

**Método B:** Colocación manual de bitúmenes densos tipo macadam.

- Piedra chancada de 20 mm de diámetro nominal y mínimo espesor 30 mm de mezcla macadam.
- Piedra chancada de 14 mm de diámetro nominal,,y mínimo espesor de 25 mm de mezcla macadam.
- Piedra chancada de 10 mm de diámetro nominal, y mínimo espesor de 20 mm de mezcla macadam.
- Deberá fijarse normalmente antes de proceder a la colocación dei macadam. Como quiera que el DBM requiera aperturar al tráfico temporalmente y donde la superficie es dura y lisa usar asfalto y esparcir a razón de 0,35 ftIm2.
- La temperatura de macadam no excederá 140° C.
- Compactar usando un rodillo neumático o un rodillo normal de 6 a 10 ton.
- El pavimento mecánico puede iniciarse inmediatamente.

## CONCLUSIONES

1. La aparición de los Geosintéticos ha motivado la búsqueda de nuevas técnicas de cálculo y el desarrollo de nuevas investigaciones.
2. El uso apropiado de los Geosintéticos, como cualquier material en ingeniería civil, requiera ante todo del conocimiento y entendimiento de su comportamiento ante diferentes solicitaciones, mediante la evaluación de sus características físicas, propiedades mecánicas e hidráulicas, así como de durabilidad, degradabilidad, según sea la función que se espera en su aplicación.
3. Las fibras Geotextiles, se utilizan con el propósito de mejorar el funcionamiento de las carpetas asfálticas y constituir una barrera impermeable que impida el paso del agua. Mas específicamente los Geotextiles se utilizan para:

- Restringir o evitar la entrada del agua en el pavimento y a la capa subrasante, constituyendo una capa impermeable; con esta acción se impide el debilitamiento de la estructura y se evita su consiguiente deterioro y destrucción eventual.
  - Evitar el bombeo, es decir, la expulsión de agua y sólidos por las grietas del pavimento, evitando la concavación interior y en el pavimento.
  - Retardar o impedir el agrietamiento por fatiga de las capas asfálticas al actuar como un elemento de refuerzo.
  - En algunos casos, reducir el espesor de la sobrecarpeta necesaria para reforzar el pavimento.
  - Retardar y reducir el agrietamiento producido por reflexión de grietas y juntas de construcción.
4. Los Geotextiles pueden controlar con eficiencia los agrietamientos del tipo de piel de cocodrilo, con aberturas menores que 3mm y en climas moderados.
5. En rehabilitación de vías, se debe investigar la causa del agrietamiento efectuando una evaluación del mismo antes de decidir por la utilización de Geotextiles para su reparación, ya que este no soluciona problemas de tipo estructural ni tampoco los relacionados con el subdrenaje, se deberá por tanto, solucionar estos problemas ante de aplicar el geotextil.
6. Las geomallas, tienen como función principal, generar una alta resistencia a la tensión a muy pequeñas deformaciones, así como proporcionar confinamiento a las bases, disminuir el

espesor de la estructura y disminuir el tiempo en la ejecución de los trabajos. Las geomallas cumplen las siguientes funciones específicas:

- Incrementar la rigidez inicial del pavimento.
- Reducir la magnitud de las deformaciones unitarias verticales de compresión en la superficie de la subrasante así como los esfuerzos radiales de tensión en el lecho inferior de la carpeta asfáltica.
- Reducir la magnitud de las deformaciones elásticas y permanentes del pavimento.
- Incrementar la resistencia a la tensión.
- Retardar y reducir el agrietamiento.
- Mejorar el comportamiento bajo esfuerzos de fatiga de la carpeta asfáltica.
- Mantener la estructura interna formada por los agregados granulares.
- Disminución de estructura del pavimento.
- Disminuir el tiempo de construcción del pavimento.

7. La ubicación óptima de la Geomalla en la base de agregados se encuentra en la mitad inferior de la capa, preferentemente a los  $\frac{3}{4}$  del espesor cuando este es importante, o bien a la mitad cuando este es muy delgado.

8. Si bien, el uso de Geotextiles y Georredes genera un costo adicional en la etapa de construcción, su ventaja radica en la reducción de costos finales, en el ahorro de materiales

naturales, por ende reducción del impacto ambiental, y en la reducción de riesgos de fallas por errores ejecutivos.

9. La utilización de un Geotextil o Geomalla en la reparación y construcción de pavimentos asfálticos es una decisión que debe tomarse considerando factores particulares del proyecto. Los factores de mayor influencia son: tipo y grado de deterioro del pavimento (en el caso de reparación), tipo de pavimento, tránsito, clima, tipo del ligante del geotextil, tipo y propiedades del geotextil y de la georred, características de las sobrecarpetas, entre otras.

**ANEXO 1**

**NORMA PARA LA ESPECIFICACION DE  
GEOTEXTILES PARA LA APLICACIÓN EN  
VÍAS AASHTO M288-96**

Norma para la  
**Especificación de Geotextiles para Aplicaciones en Vías**  
**DESIGNACION AASHTO M288 – 96**



## 1. ALCANCE

1.1. Esta es una especificación para materiales que cubre los geotextiles para su uso en drenajes subsuperficiales, separación, estabilización, control de erosión, barreras temporales contra sedimentos y telas para repavimentación. Esta es una especificación para la adquisición de materiales y se recomienda una revisión del diseño según el uso.

1.2. Esta no es una especificación de construcción o diseño. Esta especificación se basa en la supervivencia de los geotextiles por los esfuerzos de instalación. Refiérase al Apéndice A de esta especificación para las guías de construcción con geotextiles.

## 2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

### 2.1. Normas AASHTO

- T 88 Análisis del Tamaño de Partículas de los Suelos
- T 90 Determinación del Límite Plástico y del Índice de Plasticidad de los Suelos
- T 99 Las Relaciones Humedad - Densidad de los Suelos usando un martillo de 2.5 kg y altura de caída de 305 mm
- Normas ASTM
- D123 Terminología Estándar relacionada con los Geotextiles
- D276 Método de Ensayo para la Identificación de Fibras en Geotextiles
- D3786 Método de Ensayo para la Resistencia por el Reventón Hidráulico de Artículos Anudados y Telas no Tejidas
- D4354 Práctica de Muestreo de Geosintéticos para Ensayos
- D 4355 Método de Ensayo para el Deterioro de los Geotextiles a la Exposición por Luz Ultravioleta y Agua (Aparato Tipo Arco Xenón)

- D4439 Terminología para los Geosintéticos
- D4491 Método de Ensayo para la Permeabilidad de Agua de los Geotextiles por la Permitividad
- D4533 Método de Ensayo para la Resistencia al Rasgado Trapezoidal de los Geotextiles
- D4632 Método de Ensayo Grab para la Determinación de la Carga de Rotura y Elongación de los Geotextiles
- D4751 Método de Ensayo para la Determinación del Tamaño de Apertura Aparente de los Geotextiles
- D4759 Práctica para la Determinación de la Conformidad de Especificaciones de los Geosintéticos
- D4833 Método de Ensayo para la Resistencia al Punzado de los Geotextiles, Geomembranas y Productos Relacionados
- D4873 Guía para la Identificación, Almacenamiento y Manejo de los Geotextiles
- D5141 Método de Ensayo para determinar la Eficiencia de Filtración y Tasa de Flujo para Aplicaciones de Barreras contra Sedimentos usando Suelos de Sitios Específicos

### 2.2. Departamento de Transporte de Texas. Manual de Procedimientos de Ensayos

- TEX 616 J Retención de Asfalto y Potencial de Cambio de Area

## 3. REQUERIMIENTOS FISICOS

3.1. Las fibras usadas en la fabricación de geotextiles y los hilos usados para la unión de los geotextiles mediante costura, deben consistir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos de por lo menos un 95% en peso de poliolefinas o poliésteres. Deben conformar una malla estable de tal forma que los filamentos o fibras

mantengan su estabilidad dimensional en relación con los otros, incluyendo los orillos.

3.2. Los geotextiles usados para aplicaciones de drenaje subsuperficial, separación, estabilización y control permanente de erosión deben cumplir los requerimientos físicos de la sección 7. Los geotextiles usados para las barreras temporales contra sedimentos deben cumplir los requerimientos físicos de la sección 8 y los geotextiles usados para repavimentación deberán cumplir los requerimientos físicos de la sección 9.

3.3. Todos los valores de las propiedades a excepción del Tamaño de Apertura Aparente (TAA) en esta especificación, representan los valores mínimos promedios por rollo (VMPR) en la dirección principal más débil (por ejemplo, los resultados promedio de ensayo de cualquier rollo en un lote muestreado para determinar mediante ensayos su conformidad o aseguramiento de calidad deberán cumplir o exceder los valores mínimos suministrados aquí). Los valores para el TAA representan los valores máximos promedios por rollo.

## 4. CERTIFICACION

4.1. El contratista debe suministrar al Ingeniero, un certificado donde constate el nombre del fabricante, el nombre del producto, composición química de los filamentos o cintas y otra información pertinente que describa totalmente al geotextil.

4.2. El fabricante es el responsable de establecer y mantener un programa de control de calidad que asegure el cumplimiento con los requerimientos de la especificación. Cuando se requiera debe estar disponible la documentación que describa el programa de control de calidad.

4.3. El certificado del fabricante debe hacer constar que el geotextil suministrado cumple con los requeri-



mientos VMPR de la especificación tal como se evaluó bajo el programa de control de calidad del fabricante. El certificado debe ser autenticado por una persona que tenga autoridad legal para hacer comparecer al fabricante.

4.4. Un etiquetado o una representación errónea de los materiales será razón para rechazar aquellos productos geotextiles.

## 5. MUESTREO, ENSAYOS Y ACEPTACION

5.1. Los geotextiles estarán sujetos al muestreo y ensayo para verificar si están conformes con esta especificación. El muestreo para ensayo deberá estar de acuerdo con la norma ASTM D 4354. La aceptación deberá basarse en los ensayos a las muestras obtenidas bien sea por el procedimiento A de la norma ASTM D 4354 o basado en las certificaciones del fabricante y el ensayo de las muestras de aseguramiento de la calidad obtenidas siguiendo el procedimiento B de la norma ASTM D 4354. El tamaño del lote para determinar la conformidad o el muestreo para el aseguramiento de la calidad será considerado como la cantidad del envío de un producto determinado o la carga de un camión de un producto determinado, cualquiera que sea el más pequeño.

5.2. Los ensayos deberán desarrollarse de acuerdo con los métodos referidos en esta especificación para la aplicación indicada. El número de especímenes a ensayar por muestra se especifican en cada método de ensayo. La aceptación del geotextil deberá basarse en la norma ASTM D 4759. La aceptación del producto es determinada mediante la comparación de los resultados promedio de los ensayos de todos los especímenes dentro de una muestra dada para cumplir con las especificaciones. Refiérase a la norma ASTM D 4759 para mayores detalles en relación con los procedimientos de aceptación de los geotextiles.

## 6. ENVIO Y ALMACENAJE

6.1. El etiquetado, envío y almacenaje deben seguir la norma ASTM D

4873. Las etiquetas de los productos deben mostrar claramente el nombre del fabricante o del proveedor, nombre del estilo y el número del rollo. Cada documento de envío debe incluir una nota certificando que el material cumple con el certificado del fabricante.

6.2. Cada rollo de geotextil debe estar envuelto con un material que protegerá al geotextil de los daños debidos al envío, agua, exposición solar y contaminantes. La envoltura de protección debe mantenerse durante los periodos en envío y almacenaje.

6.3. Durante el almacenaje, los rollos de geotextil deben permanecer elevados del piso y adecuadamente cubiertos para protegerlos de lo siguiente: daños en el sitio de construcción, precipitación, radiación ultravioleta prolongada incluyendo la luz del sol, químicos que sean ácidos o bases fuertes, llamas incluyendo las chispas de soldadura, temperaturas por encima de los 71°C, y cualquier otra condición ambiental que pueda afectar los valores de las propiedades físicas del geotextil.

## 7. REQUERIMIENTOS PARA LAS PROPIEDADES DE DRENAJE SUBSUPERFICIAL, SEPARACION, ESTABILIZACION Y CONTROL PERMANENTE DE EROSION

### 7.1. Requerimientos Generales

7.1.1. La Tabla 1 suministra las propiedades de resistencia para las tres clases de geotextiles. El geotextil debe cumplir con las propiedades de la Tabla 1 basado en la clase de geotextil requerido en las Tablas 2, 3, 4 ó 5 para la aplicación indicada.

7.1.2. Todos los valores numéricos de la Tabla 1 representan los valores VMPR en la dirección más débil. Las propiedades requeridas del geotextil para cada clase dependen de la elongación del geotextil. Cuando se requieren juntas cosidas, la resistencia de la costura, tal como se mide según la norma ASTM D 4632, debe ser mayor o igual al 90% de la resistencia Grab especificada.

### 7.2. Requerimientos para Drenaje Subsuperficial

7.2.1. Descripción. Esta especificación es aplicable a la colocación de un geotextil contra un suelo para permitir el paso del agua a largo plazo dentro de un sistema de drenaje subsuperficial reteniendo el suelo del sitio. La función principal del geotextil en aplicaciones de drenaje subsuperficial es la filtración. Las propiedades de filtración están en función de la gradación del suelo in situ, la plasticidad y las condiciones hidráulicas.

7.2.2. Requerimientos para el Geotextil. El geotextil debe cumplir con los requerimientos de la Tabla 2. Los geotextiles tejidos de película cortada (p. e., geotextiles hechos de hilos o cintas de forma plana) no serán aceptados para esta aplicación. Todos los valores numéricos de la Tabla 2, excepto el TAA representan el VMPR en la dirección principal más débil. Los valores del TAA representan valores máximos promedios por rollo.

7.2.3. Los valores de las propiedades de la Tabla 2 representan valores por defecto que suministran una supervivencia suficiente del geotextil bajo la mayoría de las condiciones de construcción. La nota 2 de la Tabla 2 tiene en cuenta una reducción en los requerimientos mínimos de las propiedades cuando hay suficiente información disponible sobre la supervivencia. El ingeniero también puede especificar propiedades diferentes de aquellas enunciadas en la Tabla 2 basado en el diseño ingenieril y la experiencia.

### 7.3. Requerimientos para Separación

7.3.1. Descripción. Esta especificación es aplicable al uso de un geotextil que prevenga la mezcla del suelo de subrasante y un agregado de cobertura (sub-base, base, materiales seleccionados para terraplenes, etc.). Esta especificación también puede aplicar a otras situaciones diferentes a su colocación por debajo de una estructura de pavimento donde se requiera la separación entre dos materiales disimiles pero donde la infiltración de agua a través del geotextil no sea una condición crítica.

7.3.2. La aplicación de separación es apropiada para estructuras de pavimento construidas sobre suelos con un CBR mayor o igual a 3 (Esfuerzo cor-



tante aproximadamente mayor que 90 kPa). Es apropiado para suelos de subrasante no saturados. La función principal de un geotextil en esta aplicación es la separación.

7.3.3. **Requerimientos para el Geotextil.** El geotextil debe cumplir con los requerimientos de la Tabla 3. Todos los valores numéricos representan los VMPR en la dirección principal más débil. Los valores del TAA representan los valores máximos promedios por rollo.

7.3.4. Los valores de las propiedades de la Tabla 3 representan valores por defecto que suministran una supervivencia suficiente del geotextil bajo la mayoría de las condiciones de construcción. La nota 1 de la Tabla 3 tiene en cuenta una reducción en los requerimientos mínimos de las propiedades cuando hay suficiente información disponible sobre la supervivencia. El ingeniero también puede especificar propiedades diferentes de aquellas enunciadas en la Tabla 3 basado en el diseño ingenieril y la experiencia.

7.4. **Requerimientos para Estabilización**

7.4.1. **Descripción.** Esta especificación es aplicable al uso de un geotextil en condiciones húmedas y de saturación para suministrar las funciones de separación y filtración simultáneamente. En algunas instalaciones, el geotextil también puede suministrar la función de refuerzo. La estabilización es aplicable a las estructuras de pavimento construidas sobre suelos con un CBR entre 1 y 3 ( $1 < \text{CBR} < 3$ ) (Esfuerzo cortante aproximadamente entre 30 kPa y 90 kPa).

7.4.2. La aplicación de estabilización es apropiada para suelos de subrasante que estén saturados debido a un nivel freático alto o debido a periodos de tiempo húmedo prolongados. Esta especificación no es apropiada para el refuerzo de terraplenes donde las condiciones de esfuerzos puedan causar fallas globales de la fundación o de estabilidad.

7.4.3. **Requerimientos para el Geotextil.** El geotextil debe cumplir con los requerimientos de la Tabla 4. Todos los valores numéricos representan los VMPR en la dirección principal más débil. Los valores del TAA repre-

sentan los valores máximos promedios por rollo.

7.4.4. Los valores de las propiedades de la Tabla 4 representan valores por defecto que suministran una supervivencia suficiente del geotextil bajo la mayoría de las condiciones de construcción. La nota 1 de la Tabla 4 tiene en cuenta una reducción en los requerimientos mínimos de las propiedades cuando hay suficiente información disponible sobre la supervivencia. El ingeniero también puede especificar propiedades diferentes de aquellas enunciadas en la Tabla 4 basado en el diseño ingenieril y la experiencia.

7.5. **Control Permanente de Erosión**

7.5.1. **Descripción.** Esta especificación es aplicable al uso del geotextil entre sistemas blindados de absorción de energía y el suelo in-situ para prevenir las pérdidas de suelo resultantes de un escurrimiento excesivo y para prevenir subpresiones hidráulicas que causen una inestabilidad del sistema de control permanente de erosión. Esta especificación no aplica para otro tipo de materiales geosintéticos para el control de erosión del suelo tales como los mantos de refuerzo para el césped.

7.5.2. La función principal del geotextil en los sistemas de control permanente de erosión es la filtración. Las propiedades de filtración de los geotextiles están en función de las condiciones hidráulicas, la gradación del suelo in-situ, la densidad y la plasticidad.

7.5.3. **Requerimientos para el Geotextil.** El geotextil debe cumplir con los requerimientos de la Tabla 5. Los geotextiles tejidos de película cortada (p. e., geotextiles hechos de hilos o cintas de forma plana) no serán admitidos. Todos los valores numéricos representan los VMPR en la dirección principal más débil. Los valores del TAA representan los valores máximos promedios por rollo.

7.5.4. Los valores de las propiedades de la Tabla 5 representan valores por defecto que suministran una supervivencia suficiente del geotextil bajo unas condiciones similares o menos severas que aquellas descritas en la nota 2 de la Tabla 5. La nota 3 de la Tabla 5 tiene en cuenta una reducción en los requerimientos mínimos de las propiedades cuando hay suficiente

información disponible sobre la supervivencia o cuando se reduce el potencial de daños por construcción. El ingeniero también puede especificar propiedades diferentes de aquellas enunciadas en la Tabla 5 basado en el diseño ingenieril y la experiencia.

## 8. **REQUERIMIENTOS PARA BARRERAS TEMPORALES CONTRA SEDIMENTOS**

8.1. **Descripción.** Esta especificación es aplicable al uso del geotextil como interceptor vertical permeable diseñado para remover los sólidos suspendidos del flujo de agua que viene de arriba del terreno. La función de una barrera temporal contra sedimentos es filtrar y permitir el asentamiento de las partículas de suelo del agua cargado con sedimentos. El propósito es prevenir que el suelo erosionado sea transportado fuera del sitio de construcción por el derramamiento de agua.

8.2. **Requerimientos para el Geotextil.** El geotextil usado para barreras temporales contra sedimentos puede estar apoyado entre postes con cables o mallas poliméricas entre sí. El geotextil para barreras temporales contra sedimentos debe cumplir con los requerimientos de la Tabla 6. Todos los valores numéricos representan los VMPR en la dirección principal más débil. Los valores del TAA representan los valores máximos promedios por rollo.

8.3. Debe efectuarse una observación en campo para verificar que la colocación del sistema blindado no dañe al geotextil. La altura mínima sobre el piso para todas las barreras contra sedimentos debe ser de 760 mm. La profundidad de empotramiento mínima debe ser de 150 mm. Refiérase al Apéndice para unos requerimientos de instalación más detallados.

## 9. **REQUERIMIENTOS PARA GEOTEXTILES DE PAVIMENTACION**

9.1. **Descripción.** Esta especificación es aplicable al uso de telas para pavimentación saturadas con cemento asfáltico entre dos capas de pavimento. La función de la tela para pavimenta-



ción es la de actuar como una membrana impermeable y aliviadora de esfuerzos dentro de una estructura de pavimento. Esta especificación no tiene por intención describir los sistemas de membrana específicamente diseñados para las juntas de pavimentos y reparaciones locales.

9.2. Requerimientos para el Geotextil de Pavimentación. La tela para pavimentación debe cumplir con los requerimientos de la Tabla 7. Todos los valores numéricos en la Tabla 7 representan los VMPR en la dirección principal más débil.

## APENDICE

### GUIAS DE CONSTRUCCION E INSTALACION

#### A 1. GENERAL

A 1.2. Este Apéndice tiene por objeto ser utilizado junto con la especificación AASHTO M288-96 para geotextiles. La especificación detalla las propiedades de los materiales para los geotextiles usados en drenaje, control de erosión, separación/estabilización, barreras contra sedimentos y aplicación de geotextiles para pavimentación. Las propiedades de los materiales son solo un factor en una instalación exitosa que involucre a los geotextiles. Las técnicas adecuadas de instalación y construcción son esenciales con el fin de asegurar que la función con la cual va a cumplir el geotextil sea cumplida.

A 1.3. Identificación, Embalaje y Almacenaje del Geotextil

A 1.3.1. Refiérase a la norma ASTM D 4873

A 1.4. Exposición del Geotextil después de su Colocación

A 1.4.1. Las exposición atmosférica de los geotextiles a los elementos después de su colocación en el sitio deberá ser como máximo de 14 días para minimizar daños potenciales.

A 1.5. Juntas

A 1.5.1. Si se va a efectuar una junta con costura para la unión del geotextil, el hilo debe consistir de polipropileno o poliéster de alta resistencia. El hilo de nylon no debe ser usado. Para las aplicaciones de control de erosión el hilo también debe ser resistente a la

radiación ultravioleta. El color del hilo debe contrastar con el del geotextil mismo.

A 1.5.2. Para las juntas con costuras que vayan a ser realizadas en el sitio, el contratista debe suministrar al menos 2 metros de longitud de la junta cosida para ser analizada por el Ingeniero antes de que el geotextil sea instalado. Para las juntas que sean cosidas en la fábrica el Ingeniero debe obtener muestras de las juntas hechas en la fábrica aleatoriamente de cualquier rollo de geotextil que sea usado en la obra.

A 1.5.2.1. Para las juntas que sean cosidas en el campo, las juntas cosidas utilizadas para el muestreo deben ser cosidas utilizando el mismo equipo y procedimiento que los que serán usados para las juntas en el sitio. Si las juntas se cosen en el sentido longitudinal y transversal, se deberá suministrar las muestras de ambos sentidos.

A 1.5.2.2. La descripción del ensamblaje de la junta debe ser suministrada por el Contratista junto con la muestra de la junta. La descripción debe incluir el tipo de la junta, el hilo para la costura y la densidad de las puntadas.

#### A 2. GEOTEXTILES PARA DRENAJE (Ver las Secciones 7.1 y 7.2)

A 2.1. Construcción

A 2.1.1. La excavación de la trinchera debe ejecutarse de acuerdo con los detalles de los planos del proyecto. En todos los momentos la excavación debe ser hecha de tal manera que se prevengan grandes vacíos en los lados y el fondo de la trinchera. La superficie gradada debe ser suave y libre de mugre.

A 2.1.2. Durante la colocación del geotextil para aplicaciones de drenaje, el geotextil debe colocarse suelto sin arrugas ni dobleces y sin espacios vacíos entre el geotextil y la superficie de contacto con el suelo. Los rollos o cortes de geotextil deben traslaparse al menos 300 mm, con la lámina de geotextil aguas arriba cubriendo a la lámina aguas abajo.

A 2.1.2.1. En las trincheras mayores o iguales a los 300 mm de ancho,

después de colocar el agregado el geotextil debe ser doblado sobre la parte superior del agregado de tal forma que se produzca un traslapo mínimo de 300 mm. En trincheras con anchos entre 100 mm y 300 mm, el traslapo debe ser igual al ancho de la trinchera. Cuando el ancho de la trinchera sea menor que los 100 mm el traslapo del geotextil debe ser hecho mediante costura o pegado con calor. Todas las juntas deben ser aprobadas por el Ingeniero.

A 2.1.2.2. Puesto que el geotextil podría dañarse durante la instalación o la colocación del agregado para el drenaje, se debe colocar sobre el área dañada un parche con el mismo geotextil extendiéndose unos 300 mm más allá del área afectada, o el traslapo especificado con costura, cualquiera que sea el mayor.

A 2.1.3. La colocación del agregado para drenaje debe seguir inmediatamente después de la colocación del geotextil. El geotextil debería ser cubierto con un mínimo de 300 mm de agregado suelto antes de la compactación. Si se va a instalar una tubería colectora perforada en la trinchera, se debe colocar una capa de apoyo con el agregado drenante por debajo de la tubería, con el agregado restante colocado hasta la profundidad de construcción mínima requerida.

A 2.1.3.1. El agregado debería ser compactado con equipos vibratorios hasta alcanzar un mínimo del 95% del estándar AASHTO a menos que la trinchera se requiera para soporte estructural. Si se exige un esfuerzo de compactación mayor, se necesitará usar un geotextil Clase 1 de la Tabla 1 de esta especificación.

A 2.1.4. Las Figuras A1 hasta la A3 ilustran los diferentes detalles en la aplicación de geotextiles para sistemas de drenaje.

#### A 3. GEOTEXTILES PARA SEPARACION / ESTABILIZACION (Ver las Secciones 7.1, 7.3 y 7.4)

A 3.1. Construcción

A 3.1.1. El sitio de la instalación debe prepararse mediante la limpieza, eliminación de raíces y la excavación o llenado del área hasta alcanzar la su-



perficie de rasante especificada en el diseño. Esto incluye la remoción del suelo de cobertura y la vegetación.

**NOTA 1-** Los puntos blandos y las áreas inadecuadas serán identificados durante la preparación del sitio o las subsecuentes pruebas de compactación. Estas áreas deben ser excavadas y rellenadas con material seleccionado y compactadas siguiendo los procedimientos normales.

A 3.1.2. El geotextil debe ser colocado sobre la subrasante preparada suelto y libre de arrugas y dobleces en la dirección de la construcción. Los rollos adyacentes de geotextil deben traslaparse, coserse o unirse según los requerimientos de los planos. Ver la Tabla A1 para los requerimientos de traslapes.

A 3.1.2.1. En las curvas el geotextil puede doblarse o cortarse para conformar las curvas. El doblar o el traslapo se realiza en la dirección de la construcción y mantenido en su sitio por pasadores, grapas o con montones hechos con el material de relleno o rocas.

A 3.1.2.2. Antes de la cobertura, el geotextil debe ser inspeccionado por un inspector certificado o por el Ingeniero para asegurar que el geotextil no haya sido dañado durante la instalación (p.e., Agujeros, Rasgaduras, Uniones Descosidas, etc.). Los geotextiles dañados, como lo haya identificado el Ingeniero, deben ser reparados inmediatamente. Cubra el área dañada con un parche de geotextil que se extienda más allá del área afectada en una cantidad igual al traslapo requerido.

A 3.1.3. La sub-base debe colocarse descargando sobre el geotextil comenzando desde sus bordes o sobre un agregado de sub-base previamente colocado. No se permite el contacto directo de los vehículos de construcción con el geotextil. La sub-base debe ser colocada de tal forma que esté en todo momento al menos el espesor mínimo de capa entre el geotextil y las llantas de los equipos. No se permitirá el giro de los vehículos sobre la primera capa de compactación por encima del geotextil.

**NOTA 2** - En subrasantes con CBR < 1, el agregado de la sub-base debe extenderse en su espesor total tan pronto como sea posi-

ble después del descargue con el fin de minimizar el potencial de una falla localizada de subrasante debido a una sobrecarga sobre la misma.

A 3.1.3.1. Si se presentan ahuellamientos durante la construcción, estos deben ser llenados con material de sub-base y compactados hasta una densidad específica.

A 3.1.3.2. Si la colocación del material de relleno causa daños al geotextil, el área dañada debe ser reparada tal como se describió previamente en la sección A.2.1.3.1. Los procedimientos de colocación deben ser entonces modificados para eliminar posibles daños adicionales (p.e., incrementar el espesor de la capa inicial, disminuya las cargas por equipos, etc.).

**NOTA 3** - En las aplicaciones de estabilización, no se recomienda el uso de vibro-compactadores en la construcción de la primera capa de la sub-base, ya que esto puede causar daños al geotextil.

## A 6. GEOTEXTILES PARA PAVIMENTACION

### A 6.1. Materiales

A 6.1.1. El material sellante usado para impregnar y sellar al geotextil, como también para pegarlo al pavimento de base y la capa de repavimentación, debe ser un asfalto para pavimentación recomendado por el fabricante del geotextil y aprobado por el Ingeniero.

A 6.1.1.1. Los cementos asfálticos son los selladores preferidos, sin embargo pueden ser utilizadas las emulsiones asfálticas catiónicas o aniónicas teniendo en cuenta las precauciones que se describen en la Sección A6.3.3. Los cutbacks y emulsiones que contengan solventes no deberán ser usadas.

A 6.1.1.2. El tipo del cemento asfáltico especificado para el diseño de la mezcla caliente en cada localización geográfica es generalmente el material más aceptable.

A 6.1.2. Se puede esparcir arena lavada sobre un geotextil saturado con asfalto para facilitar el movimiento de los equipos durante la construcción o para prevenir el rasgado o la delaminación del geotextil. También puede usarse el riego de mezcla caliente al

frente de las llantas de los vehículos de construcción para que cumpla con este propósito. Si se aplica arena, las cantidades en exceso deben removerse del geotextil antes de colocar la rodadura.

A 6.1.2.1. Usualmente no se requiere de la arena. Sin embargo, las temperaturas ambiente ocasionalmente son lo suficientemente altas para causar una exudación del sellador asfáltico resultando en una adhesión indeseable del geotextil con las llantas de los vehículos.

### A 6.2. Equipos

A 6.2.1. El irrigador de asfalto debe ser capaz de rociar el sellador asfáltico a la tasa de aplicación descrita uniformemente. No se permite salpicaduras, saltos ni veteados. El irrigador también debe estar equipado con un aspersor manual de boquilla sencilla y válvula de interrupción positiva.

A 6.2.2. El equipo mecánico o manual de instalación del geotextil debe ser capaz de instalarlo uniformemente.

A 6.2.3. Se deben suministrar los siguientes equipos misceláneos: Escobas de cerda rígida o rodillos para uniformizar la superficie del geotextil, tijeras o cuchillas para cortar el geotextil, cepillos para aplicar el sellador asfáltico a los traslapes del geotextil.

A 6.2.4. Puede requerirse para ciertos trabajos equipos de compactación neumática para uniformizar la imprimación del geotextil con el sellador y equipos de sanding. El emparejar con rodillos es requerido especialmente en trabajos donde se coloquen capas delgadas o chip seals. El emparejamiento con rodillos ayuda a la adhesión del geotextil a las capas de pavimento adyacentes en la ausencia de peso y calor asociados con capas más gruesas de pavimento asfáltico.

### A 6.3. Construcción

A 6.3.1. Ni el sellador asfáltico ni el geotextil deben colocarse cuando las condiciones del tiempo a juicio del Ingeniero no sean las adecuadas. Las temperaturas del aire y del pavimento deben ser las suficientes para permitir que el sellador asfáltico haga que el geotextil permanezca en su sitio. Para los cementos asfálticos la temperatura ambiente debe ser de 10°C o mayor. Para las emulsiones asfálticas la temperatura debe ser de 15°C o mayor.



A 6.3.2. La superficie sobre la cual el geotextil va a ser colocado, debe estar razonablemente libre de mugre, agua, vegetación u otro tipo de escombros. Las fisuras que excedan los 3 mm de ancho deben rellenarse con un llenante adecuado para fisuras. Los potholes deben repararse adecuadamente como sea indicado por el Ingeniero. Debe permitirse el curado de los llenantes antes de la colocación del geotextil.

A 6.3.3. La tasa especificada para la aplicación del sellador asfáltico debe ser suficiente para satisfacer las propiedades de retención asfáltica del geotextil y adherir el geotextil y la capa de repavimentación con el pavimento antiguo.

**NOTA 1** – Cuando se usen emulsiones, la tasa de aplicación debe incrementarse para compensar el contenido de agua de la emulsión.

A 6.3.3.1. La aplicación del sellador debe ser hecha mediante una flauta irrigadora, evitando al máximo la aplicación manual. La temperatura del sellador asfáltico debe ser suficientemente alta para permitir un patrón uniforme de riego. Para los cementos asfálticos la temperatura mínima debe ser de 145°C. Para evitar daños al geotextil, las temperaturas del tanque distribuidor no deben exceder los 160°C.

A 6.3.3.2. Los patrones de riego con emulsiones asfálticas son mejorados con calentamiento. Es deseable un rango de temperaturas entre 55°C y 70°C. No debe excederse una temperatura de 70°C puesto que a partir de esta puede romperse la emulsión.

A 6.3.3.3. El ancho de la aplicación para el sellante asfáltico debe ser el ancho del rollo de geotextil más 150 mm. No debe aplicarse el sellador asfáltico a una distancia mayor a aquella que el contratista pueda mantener libre de tráfico.

A 6.3.3.4. Debe limpiarse los derrames de asfalto de la superficie de la vía para evitar la sobresaturación y movimientos del geotextil.

A 6.3.3.5. Cuando se usan emulsiones asfálticas, la emulsión debe curar antes de colocar el geotextil y la superficie de cubrimiento final. Esto

significa esencialmente que no debe permanecer humedad.

A 6.3.4. El geotextil debe colocarse sobre el sellante asfáltico con un arrugamiento mínimo antes de que el asfalto se haya enfriado y perdido pegajosidad. Como lo señale el Ingeniero, las arrugas o dobleces que excedan los 25 mm deben cortarse y dejarse planos.

A 6.3.4.1. El alisado o el emparejamiento con rodillos se requerirá para maximizar el contacto del geotextil con la superficie del pavimento.

A 6.3.4.2. El traslape de las uniones del geotextil debe ser suficiente para asegurar un cierre total en la junta, pero no debería exceder los 150 mm. Las juntas transversales deben ser traslapadas en la dirección de la pavimentación para evitar que el borde sea levantado por la máquina pavimentadora. Se requerirá una segunda aplicación del sellador asfáltico en los traslapes entre el geotextil si a juicio del Ingeniero se requiere una cantidad adicional para asegurar una pega adecuada de la doble capa de geotextil.

A 6.3.4.3. La remoción y el replazo del geotextil que se dañe será responsabilidad del contratista.

A 6.3.4.4. El tráfico sobre el geotextil solo se permitirá para vehículos de emergencia y de construcción.

A 6.3.5. La colocación de la mezcla caliente debe seguir inmediatamente a la colocación del geotextil. La temperatura de la mezcla no debe exceder los 160°C. Dado el caso que el asfalto se exude a través del geotextil causando problemas constructivos antes de colocar la carpeta de repavimentación, las áreas afectas deben ser secadas mediante el riego de arena. Para evitar movimientos o daños del geotextil saturado con el sellador, los giros de la finisher y otros equipos deben ser graduales y mantenerse al mínimo.

A 6.3.6. Antes de colocar el recubrimiento con el sellador (o una capa de repavimentación delgada tal como capa friccionante de gradación abierta), riegue ligeramente con arena el geotextil a una tasa de 0.65 a 1.0 kg/m<sup>2</sup>.

## CONSEJO

Se recomienda que por razones de seguridad, no sea permitido el tráfico

sobre el geotextil. Sin embargo si la agencia de contratación elige permitir el tráfico, se recomienda la siguiente acotación:

“Si es aprobado por el Ingeniero, El geotextil saturado con el sellador puede darse al tráfico de 24 a 48 horas antes de instalar la capa de rodadura. Deben colocarse señales de advertencia que avisen al conductor que la superficie puede ser lisa cuando está húmeda. Las señales también deben advertir sobre la velocidad de seguridad adecuada. El exceso de arena debe ser barrido antes de colocar la capa de repavimentación. Si a juicio del Ingeniero, la superficie de la tela parece seca y carece de pegajosidad después de su exposición al tráfico, debe aplicarse una capa ligera de pega antes de colocar la capa de repavimentación.”

**TABLA 1 Requerimientos para las Propiedades de Resistencia de los Geotextiles**

	Método de Ensayo	Unidades	Clase de Geotextil					
			Clase 1		Clase 2		Clase 3	
			Elongación < 50%	Elongación > 50%	Elongación < 50%	Elongación > 50%	Elongación < 50%	Elongación > 50%
Resistencia Grab	ASTM D 4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Resistencia de la Costura	ASTM D 4632	N	1260	810	990	630	720	450
Resistencia al Rasgado	ASTM D 4533	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al Punzado	ASTM D 4833	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al Estallido	ASTM D 3786	kPa	3500	1700	2700	1300	2100	950
Permitividad	ASTM D 4991	s <sup>-1</sup>						
Tamaño de Apertura Aparente	ASTM D 4751	mm						
Estabilidad Ultravioleta	ASTM D 4355	%						

Los valores mínimos de las propiedades para la Permitividad, TAA y Estabilidad UV están basados en la aplicación para el geotextil. Refiérase a la Tabla 2 para el drenaje subsuperficial, la Tabla 3 para la Separación, la Tabla 4 para la Estabilización y la Tabla 5 para el Control de Erosión Permanente.

**TABLA 2. Requerimientos para el Geotextil en Drenaje Subsuperficial**

	Métodos de Ensayo	Unidades	Requerimientos		
			Porcentaje de Suelo que Pasa Tamiz No. 200		
Clase del Geotextil			< 15	15 a 50	> 50
Permitividad	ASTM D 4491	s <sup>-1</sup>	0.5	0.2	0.1
TAA	ASTM D 4751	mm	0.43	0.25	0.22
			valores máx. prom. por rollo	valores máx. prom. por rollo	valores máx. prom. por rollo
Estabilidad Ultravioleta (Resistencia Mantenido)	ASTM D 4355	%	50% después de 500 horas de exposición		

Notas para la Tabla 2

1. Basado en el análisis granulométrico del suelo in-situ de acuerdo con la AASHTO T 88
2. Selección por omisión del geotextil. El ingeniero puede especificar un geotextil Clase 3 de la Tabla 1 para aplicaciones de drenaje en trincheras basado en uno o más de los siguientes conceptos:
  - a) El ingeniero ha encontrado que los geotextiles Clase 3 tienen una supervivencia suficiente basado en la experiencia en campo.
  - b) El ingeniero ha encontrado que los geotextiles Clase 3 tienen una supervivencia suficiente basado en ensayos de laboratorio y la inspección visual de una muestra de geotextil removida de una sección de ensayo en el campo construida anticipadamente bajo unas condiciones de campo.
  - c) La profundidad del subdren es menor de 2.0 m, el diámetro del agregado es menor de 30 mm y los requerimientos de compactación son menores del 95% de la AASHTO T 99.
3. Estos valores por omisión para las propiedades en filtración están basados en los tamaños de las partículas predominantes de un suelo in-situ. Adicionalmente al valor por omisión para la permitividad, el Ingeniero puede requerir de la permeabilidad del geotextil y/o ensayos de desempeño basado en la ingeniería de diseño para sistemas de drenaje en ambientes de suelos problemáticos.
4. Debería efectuarse un diseño del geotextil para un sitio específico especialmente si uno o más de los siguientes suelos problemáticos son encontrados: suelos inestables o altamente erosionables tales como los limos no cohesivos; suelos de gradación abierta; suelos laminados alternando arenas y limos; arcillas dispersivas y/o polvo de roca.
5. Para los suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 7, el valor máximo promedio por rollo es de 0.30 mm.

**TABLA 3. Requerimientos para las Propiedades del Geotextil en Separación**

	Métodos de Ensayo	Unidades	Requerimientos
Clase del Geotextil			Clase 2 de la Tabla 1
Permitividad	ASTM D 4491	s <sup>-1</sup>	0.02
TAA	ASTM D 4751	mm	0.60 valor máx. prom. por rollo
Estabilidad Ultravioleta (Resistencia Mantenido)	ASTM D 4355	%	50% después de 500 horas de exposición

Notas:

1. Selección por omisión del geotextil. El ingeniero puede especificar un geotextil Clase 3 de la Tabla 1 para aplicaciones de drenaje en trincheras basado en uno o más de los siguientes conceptos:
  - a) El ingeniero ha encontrado que los geotextiles Clase 3 tienen una supervivencia suficiente basado en la experiencia en campo.
  - b) El ingeniero ha encontrado que los geotextiles Clase 3 tienen una supervivencia suficiente basado en ensayos de laboratorio y la inspección visual de una muestra de geotextil removida de una sección de ensayo en el campo construida anticipadamente bajo unas condiciones de campo.
  - c) El espesor del agregado de cobertura de la primera capa excede los 300 mm y el diámetro del agregado es menor de 50 mm.
  - d) El espesor del agregado de cobertura de la primera capa excede los 150 mm, el diámetro del agregado es menor de 30 mm y la presión de contacto de los equipos de construcción es inferior a los 550 kPa.
2. Valor por omisión. La permitividad del geotextil debería ser mayor que la del suelo ( $\psi_g > \psi_s$ ). El Ingeniero también puede exigir que la permeabilidad del geotextil sea mayor que la del suelo ( $k_g > k_s$ ).

**TABLA 4. Requerimientos para las Propiedades del Geotextil en Estabilización**

	Métodos de Ensayo	Unidades	Requerimientos
Clase del Geotextil			Clase 1 de la Tabla 1
Permitividad	ASTM D 4491	s <sup>-1</sup>	0.05
TAA	ASTM D 4751	mm	0.43 valor máx. prom. por rollo
Estabilidad Ultravioleta (Resistencia Mantenida)	ASTM D 4355	%	50% después de 500 horas de exposición

Notas:

1. Selección por omisión del geotextil. El ingeniero puede especificar un geotextil Clase 2 o 3 de la Tabla basado en uno o más de los siguientes conceptos:
  - a) El ingeniero ha encontrado que la clase de los geotextiles tiene una supervivencia suficiente basado en la experiencia en campo.
  - b) El ingeniero ha encontrado que la Clase de los geotextiles tiene una supervivencia suficiente basado en ensayos de laboratorio y la inspección visual de una muestra de geotextil removida de una sección de ensayo en el campo construida anticipadamente bajo unas condiciones de campo.
2. Valor por omisión. La permitividad del geotextil debería ser mayor que la del suelo ( $\psi_g > \psi_s$ ). El Ingeniero también puede exigir que la permeabilidad del geotextil sea mayor que la del suelo ( $k_g > k_s$ ).

**TABLA 7. Requerimientos para las Propiedades del Geotextil en Pavimentación**

	Métodos de Ensayo	Unidades	Requerimientos
Resistencia Grab	ASTM D 4632	N	450
Masa por Unidad de Area	ASTM D 3776	g/m <sup>2</sup>	140
Elongación en Rotura	ASTM D 4632	%	≥ 50
Retención Asfáltica	Texas DOT Item 3099	l/m <sup>2</sup>	Notas 1 y 2
Punto de Fusión	ASTM D 276	°C	150

Notas:

1. Únicamente el asfalto requerido para saturar al geotextil. La retención asfáltica debe ser suministrada en una certificación del fabricante (Refiérase a la Sección 4). El valor no indica la tasa de aplicación de asfalto requerido en la construcción. Refiérase al Apéndice para la discusión sobre la tasa de aplicación de asfalto.
2. La propiedad de retención asfáltica del producto debe cumplir con los VMPR suministrados en la certificación del fabricante (Refiérase a la Sección 4).

**ANEXO 2**

**HOJAS TECNICAS DE FABRICANTES Y  
DISTRIBUIDORES DE GEOTEXILES Y  
GEOGRILLAS**

## **Producto Mirapave de Mirafi® Geotextil No Tejido Para Asfaltos**

TC Mirafi® ofrece una amplia gama de geotextiles tejidos y no tejidos para aplicaciones de pavimentación y refuerzo de suelos. Estos geotextiles son elementos de refuerzo económicos que mejoran y destacan las técnicas de la construcción moderna en una gran variedad de aplicaciones de ingeniería civil.

### **Descripción del Producto**

Cuando se trata de la mantención de caminos, estacionamientos, pistas de aeropuertos y otras superficies pavimentadas, la reparación de pavimentos agrietados es uno de los principales problemas, con un alto costo. Los pavimentos agrietados permiten que el agua de la superficie se permeabilice a las capas del suelo basal, los que luego saturan y se debilitan. El procedimiento normal de mantención es el repavimentar con una capa de recubrimiento de asfalto. Este procedimiento de revestimiento puede extender la vida útil de una sección del pavimento a un menor costo que reemplazarlo completamente. Sin embargo, la vida útil de servicio extendida de un recubrimiento puede ser reducida por la saturación/debilidad del subsuelo que provoca agrietamientos por fatiga y propagación de las grietas desde el pavimento original a través de los recubrimientos existentes (reflejo de grietas). El agregar el geotextil correcto al recubrimiento del pavimento reduce el efecto de mecanismos que deterioran los pavimentos y aumenta la vida útil de la sección de pavimento recubierta.

El producto Mirapave de Mirafi® es un geotextil no tejido de polipropileno punzonado calandrado con gran absorción de asfalto, que ha sido diseñado específicamente para aplicaciones de recubrimiento de asfalto.

Los geotextiles no tejidos de repavimentación de asfalto Mirapave de Mirafi® entregan las características claves que han sido identificadas como esenciales para el rendimiento del geotextil de repavimentación. Al ser instalada con la adecuada preparación de la superficie y capa imprimante, Mirapave de Mirafi® forma una membrana impermeable que previene la penetración del agua de la superficie a través del pavimento y también entrega una capa de liberación de esfuerzos que inhibe el crecimiento de reflejo de grietas. También puede utilizarse Mirapave de Mirafi® con tratamientos de sellado de la superficie para mejorar el rendimiento del pavimento rehabilitado, al instalarlo con una capa imprimante entre el pavimento y el tratamiento.

## **Características y Beneficios**

El instalar Mirapave de Mirafi® con una capa imprimante apropiada entre el pavimento existente y el recubrimiento de asfalto, ayuda a extender la vida útil del pavimento al:

- Cumplir con las guías del AASHTO M288-96 para geotextiles de pavimentación
- Entregar una barrera impermeabilizante para la protección del suelo de las fundaciones del subsuelo
- Mejorar la resistencia a la fatiga del nuevo recubrimiento a las cargas de tráfico al entregar una interface de liberación de resistencia
- Retardar la propagación de una grieta existente a través del nuevo recubrimiento (reflejo de grieta)
- Extender la vida útil del recubrimiento
- Dar mayor resistencia al sistema de pavimentación total

## **Aplicaciones**

Mirapave entrega una capa impermeable a largo plazo que extiende la vida útil del pavimento en las siguientes aplicaciones:

- Carreteras
- Canchas de Tenis
- Calles
- Pistas de Atletismo

- Estacionamientos
- Canchas de Basketball
- Puentes
- Senderos para Carros de Golf
- Pistas de Aeropuerto
- Areas de Juegos

## **Guías de Instalación**

Prepare la superficie sacando todos los objetos sueltos y los desechos. Rellene todas las grietas grandes con un relleno o sellante para grietas antes de la aplicación de la capa imprimante.

Aplique la capa imprimante sobre el área a ser recubierta. Deberá utilizarse suficiente capa imprimante para permitir la saturación del recubrimiento.

*\*Estas guías sirven como base general para la instalación. Su representante de **TC Mirafi®** le entregará instrucciones más detalladas.*

## Propiedades Físicas de los Geotextiles no tejidos Pivytec-Geo

Propiedad	Peso	Resistencia a la Tensión	% de Elongación	Estallamiento Mullén	Resistencia Perforación	Desgarre Trapezoidal	Tamaño de Poro AOS	Permeabilidad	Flujo	Resistencia UV % Retenido de Resistencia
No. Prueba	ASTM D-5281	ASTM D-4632	ASTM D-4632	ASTM D-3786	ASTM D-4833	ASTM D-4533	ASTM D-4751	ASTM D-4491	ASTM D-4491	ASTM D-4355
Unidades	g/m <sup>2</sup> az/yd <sup>2</sup>	kgf lb	%	Ton/m <sup>2</sup> psi	kgf lb	kgf lb	malla (mm)	cm/seg	l/min/m <sup>2</sup> gal/min/ft <sup>2</sup>	500 horas
PIVYPAVE	140 4	46 100	50	130 185	27 60	18 40	70 (0.210)	n/d	n/d	70
GEO 140	145 4.15	50 110	50	140 200	30 65	19 42	70 (0.21)	0.25	4494 110	70
GEO 170	170 5	57 120	70	170 240	32 70	23 50	70 (0.21)	0.22	4903 120	70
GEO 200	200 6	67 147	70	200 285	40 88	27 60	70 (0.21)	0.22	4903 120	70
GEO 250	250 7	74 167	70	250 356	50 110	33 73	70 (0.21)	0.24	4494 110	70
GEO 275	275 8	102 225	75	270 385	60 132	39 87	80 (0.177)	0.38	4494 110	70
GEO 350	350 10	122 269	90	362 515	75 165	47 105	100 (0.149)	0.3	3173 85	70
GEO 475	475 14	150 330	95	485 690	95 209	60 135	100 (0.149)	0.29	3064 75	70
GEO 545	545 16	175 365	95	549 780	110 240	68 150	100 (0.149)	0.27	2043 50	70

\*Valores Típicos



## CONVENCIONES

PP : Polipropileno

ASTM: American Society for Testing and Materials

TEXAS DOT: Texas Department of Transportation

## NOTAS

PAVCO S.A. es miembro corporativo de International Society of Geosynthetics (IGS) desde 1991 PAVCO S.A. se reserva el derecho de modificar las especificaciones que considere necesarias para garantizar la óptima calidad y funcionalidad de sus productos.

Los valores enunciados corresponden a los promedios estadísticos de los lotes de producción. Los geotextiles son productos fotodegradables, no biodegradables, no deben ser incinerados y se deben disponer en forma adecuada. Para el diseño con geotextiles favor consultar con el Departamento de Ingeniería de PAVCO S.A. los manuales de diseño: Sistemas de subdrenaje Geodrenes, Muros de contención, Repavimentación, Separación y Estabilización en vías.

# GEOTEXILES TEJIDOS

PROPIEDAD	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400
Método Grab			630	800	1050	1300	1550
• Resistencia a la Tensión	ASTM D-4632	N (lb)	(142)	(180)	(236)	(292)	(348)
• Elongación		%	17	16	15	17	18
Método Tira Ancha							
• Sentido Longitudinal	ASTM D-4595	kN/m	13	24	24	31	35
• Elongación		%	11	17	17	19	23
• Sentido Transversal	ASTM D-4595	kN/m	18	24	31	37	45
• Elongación		%	12	12	13	14	15
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	385 (87)	550 (124)	600 (135)	730 (164)	840 (189)
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D-4533	N (lb)	230 (52)	260 (58)	350 (79)	440 (99)	530 (119)
Método Mullen Burst			2170	3170	3650	4270	4820
• Resistencia al Estallido	ASTM D-3786	kPa (psi)	(315)	(460)	(530)	(620)	(700)
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm (No. Tamiz)	0.25 (60)	0.21 (70)	0.25 (60)	0.25 (60)	0.18 (80)
Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	$0.6 \times 10^{-2}$	$1.8 \times 10^{-2}$	$1.6 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$0.8 \times 10^{-2}$
Permitividad	ASTM D-4491	s <sup>-1</sup>	0.15	0.30	0.25	0.15	0.10
Espesor	ASTM D-5199	mm	0.40	0.60	0.65	0.75	0.80
Tipo de polímero	Fabricante		PP	PP	PP	PP	PP
Rollo Ancho	medido	m	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85
Rollo Largo	Medido	m	200	160	120	100	100
Rollo Área	Calculado	m <sup>2</sup>	770	616	462	385	385
Filtración							
Drenaje							
Separación							
Estabilización							
Refuerzo							

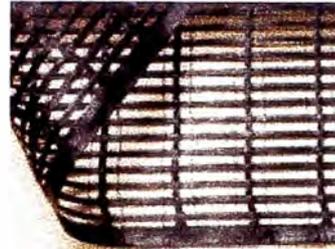
# GEOTEXILES NO TEJIDOS

PROPIEDAD	NORMA	UNIDAD	NT 1400	NT 1600	NT 1800	NT 2000	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000	NT 7000	REPAV 400	REPAV 450
Método Grab													
• Resistencia a la Tensión	ASTM D-4632	N (lb)	380 (85)	420 (95)	500 (112)	620 (139)	800 (180)	1100 (247)	1300 (292)	1500 (337)	1800 (404)	450 (101)	520 (117)
• Elongación		%	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	210 (47)	240 (54)	270 (61)	360 (81)	460 (103)	620 (139)	700 (157)	820 (184)	1050 (236)	240 (54)	270 (61)
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D-4533	N (lb)	150 (34)	200 (45)	240 (54)	280 (63)	320 (72)	430 (97)	530 (119)	590 (133)	700 (157)	170 (38)	195 (44)
Método Mullen Burst													
• Resistencia al Estallido	ASTM D-3786	kPa (psi)	1030 (149)	1205 (175)	1590 (230)	1870 (270)	2210 (320)	2560 (370)	3250 (470)	3460 (500)	4840 (700)	1100 (159)	1450 (210)
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm (No. Tamiz)	0.25 (60)	0.25 (60)	0.18 (80)	0.15 (100)	0.15 (100)	0.125 (120)	0.125 (120)	0.125 (120)	0.125 (120)	0.21(70)	0.18 (80)
Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	46 X 10 <sup>-2</sup>	45 X 10 <sup>-2</sup>	40 X 10 <sup>-2</sup>	41 X 10 <sup>-2</sup>	44 X 10 <sup>-2</sup>	39 X 10 <sup>-2</sup>	36 X 10 <sup>-2</sup>	26 X 10 <sup>-2</sup>	21 X 10 <sup>-2</sup>	41 X 10 <sup>-2</sup>	35 X 10 <sup>-2</sup>
Permitividad	ASTM D-4491	s <sup>-1</sup>	3.40	3.20	2.70	2.00	1.80	1.50	1.30	0.80	0.60	3.0	2.50
Espesor	ASTM D-5199	mm	1.35	1.40	1.50	2.0	2.40	2.60	2.80	3.25	3.40	1.40	1.40
Retención de Asfalto	TEXAS DOT3099	l/m <sup>2</sup> (gal/yd <sup>2</sup> )	NA	1.10 (0.24)	1.30 (0.29)								
Tipo de polímero	Fabricante		PP	PP	PP								
Rollo Ancho	Medido	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.8	3.8
		m	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8		
Rollo Largo	Medido	m	140	120	150	130	100	120	100	90	80	180	150
Rollo Area	Calculado	m <sup>2</sup>	490	420	525	455	350	420	350	315	280	684	570
		m <sup>2</sup>	532	456	570	494	380	456	380	342	304		
Filtración													
Drenaje													
Separación													
Estabilización													
Refuerzo													
Repavimentación													

## **Miragrid XT Geogrillas para Refuerzo de Suelos**

### **Descripción del Producto**

**Miragrid XT** son geogrillas de poliéster de alta resistencia mecánica, alta tenacidad, y alto peso molecular, en una completa gama de resistencias a la Tracción para cumplir con las aplicaciones de refuerzo de suelos más exigentes. Las geogrillas Miragrid XT son tejidas y luego revestidas con polímero para darles estabilidad dimensional. Las geogrillas Miragrid XT son uniaxiales con la más alta resistencia a la tracción que cualquier otro tipo de geogrilla existente en el mercado. Los hilados de poliéster de alto peso molecular y alta tenacidad empleados en las geogrillas Miragrid XT dan como resultado una excelente resistencia a la fluencia. Las fibras de poliéster de alto peso molecular también son resistentes al efecto potencial de degradación por hidrólisis y al ataque de productos químicos para la gama de pH que está normalmente presente en el medioambiente de suelos reforzados.



### **Propiedades y Beneficios**

No se recoge. Permanece en el lugar después de ser instalada; no se enrolla.

Flexible y fuerte. Otorga una transferencia inmediata de esfuerzos, asegurando un mínimo de movimiento de la estructura de suelo.

- Livianas. Por lo menos un 33% más liviana que la mayoría de las geogrillas rígidas.
- Económicas. Los hilados de poliéster de elevada resistencia a la fluencia permiten una mayor resistencia mecánica, disminuyendo el número de capas de geogrillas requeridas.
- Resistente al Diseño a Largo Plazo (LTDS). El diseño de resistencia a largo plazo de las geogrillas Miragrid XT está respaldado por más de

60,000 horas de pruebas de resistencia a fluencia realizados por un Laboratorio de Pruebas independiente y externo, por lo que Ud. puede estar seguro de la credibilidad de los diseños de resistencia a largo plazo.

- Fácil Manejo. No tiene puntas filudas que puedan herir a los trabajadores.
- Rollos Anchos. Los rollos son más anchos que la mayoría de los rollos de geogrillas rígidos, lo que reduce en forma significativa el tiempo de instalación, y por ende, disminuye los costos.
- Fabricación de Rollos Especiales: Fabricados de acuerdo a los requisitos específicos del proyecto.
- Las geogrillas Miragrid XT otorgan el rango más amplio de resistencia, y son las geogrillas de más alta resistencia en el mercado hoy en día.

## **Aplicaciones**

Las geogrillas Miragrid XT se utilizan en una gran variedad de aplicaciones de refuerzo de ingeniería de suelos que incluyen muros de contención interna de suelos, estructuras de retención, refuerzo de taludes muy inclinados, y refuerzo en una gran variedad de aplicaciones de rellenos sanitarios, incluyendo el refuerzo-puente para cubrir vacíos y la estabilidad del recubrimiento. Las geogrillas Miragrid XT son especialmente ideales para ser usadas en aplicaciones en que es necesaria una resistencia mecánica a largo plazo para asegurar la estabilidad de la estructura.

## **Guía de Instalación**

Antes de colocar las geogrillas Miragrid, la superficie debe estar libre de partículas y la fundación debe ser compactada. Las geogrillas deberán desenrollarse, y cortarse de acuerdo al largo, para eliminar así las conexiones con el terreno; y colocarse en su adecuada elevación, ubicación y orientación. Puesto que las geogrillas varían en su resistencia con la dirección del rollo, la geogrilla Miragrid XT deberá ser colocada en la dirección del refuerzo principal.

Después de desenrollar los rollos, el material deberá ser tensionado a mano hasta que esté completamente tenso, sin arrugas, y totalmente tendido en el suelo. Los rollos adyacentes de geogrillas pueden ser unidos

sin traslapar. Deben evitarse los cortes. Algunos procedimientos de llenado pueden requerir que el reforzamiento sea mantenido en el lugar con estacas, bolsas de arena, o rellenos, según las instrucciones del ingeniero. Para cortar el material puede utilizarse una navaja, un cuchillo afilado o tijeras. La colocación del relleno deberá seguir los procedimientos estándar, o de acuerdo a lo descrito en las especificaciones del proyecto o de acuerdo a las instrucciones del ingeniero. Debe tomarse especial precaución para evitar arrugas y/o el deslizamiento del refuerzo durante la colocación del relleno y su esparcimiento.

*\* Estas recomendaciones sirven como base general para la instalación. Su representante de **TC Mirafi®** le entregará instrucciones más detalladas.*

## Miragrid XT Geogrillas Para Refuerzo de suelos

Propiedad	Método de Prueba	Unidad	3XT	5XT	7XT	8XT	10XT	12XT	18XT	20XT	22XT	24XT
Polímero (recubrimiento)	-	-	PET (Latex)	PET (PVC)	PET (PVC)	PET (PVC)	PET (PVC)	PET (PVC)				
Resist. a la Tracción Última Ancho	ASTM D 4595	kN/m (lbs/ft)	35 (2400)	51.5 (3525)	58.6 (4015)	85.3 (5845)	115.3 (7900)	93 (6360)	137 (9360)	181 (12,420)	259 (17,760)	370 (25,380)
Resist. a Reducción de Fluencia	ASTM D 5262	kN/m (lbs/ft)	21 (1440)	30.9 (2115)	35.2 (2409)	51.2 (3507)	69.2 (4740)	56 (3808)	82 (5605)	105 (7221)	150 (10,326)	215 (14,756)
Resist. Diseño a Largo Plazo (en arena, limo, arcilla)	GRI-GG4	kN/m (lbs/ft)	14.7 (1007)	24.9 (1702)	29.1 (1991)	42.3 (2898)	57.2 (3917)	46 (3147)	68 (4632)	87 (5968)	125 (8534)	178 (12,195)
<b>Embalaje</b>												
Unidad	3XT	5XT	7XT	8XT	10XT	12XT	18XT	20XT	22XT	24XT		
Ancho Rollo		m (ft)	3.3 (10.83)	3.3 (10.83)	3.3 (10.83)	3.3 (10.83)	3.3 (10.83)	2.04 (6.7)	2.04 (6.7)	2.04 (6.7)	2.04 (6.7)	2.04 (6.7)
Largo Rollo*		m (ft)	45.8 (150)	45.8 (150)	61 (200)	61 (200)	61 (200)	45.8 (150)	45.8 (150)	45.8 (150)	45.8 (150)	45.8 (150)
Peso Estimado del Rollo		kg (lbs)	26.3 (58)	42.1 (93)	55.2 (122)	67.9 (150)	91.4 (202)	62.6 (138)	68.9 (152)	76.6 (169)	101.9 (225)	v127.3 (281)

\*NOTA: Se muestran largos de rollos estándar; los productos pueden fabricarse en largos mayores para cumplir con los requerimientos de los Proyectos.

## Producto BasXgrid de Mirafi® Geogrillas

Las geogrillas BasXgrid se utilizan en aplicaciones de refuerzo para ayudar a facilitar una estabilización más eficiente y predecible en suelos en mal estado para proyectos de futuras construcciones.

### Descripción del Producto

Las geogrillas BasXgrids™ (Geogrillas-Base-X) de Mirafi® han sido desarrolladas y diseñadas para reforzar e interactuar con las capas granulares del agregado base. Si el agregado que está siendo reforzado no es capaz de transferir en forma efectiva el esfuerzo impuesto al refuerzo de geosintético en particular, los beneficios del geosintético se verán disminuidos en forma considerable. Para que un geosintético sea efectivo y desarrolle su función de refuerzo en forma completa, se deben cumplir fundamentalmente dos requisitos.

Primero, el geosintético debe tener la resistencia a la tracción necesaria, los módulos de resistencia y otros criterios significativos que se describen más abajo. Segundo, el geosintético y el material de relleno deben tener suficientes mecanismos de transferencia del esfuerzo como para que se desarrollen las características de refuerzo del geosintético. Las geogrillas BasXgrids™ han sido diseñadas para que sean compatibles con las capas del agregado base de caminos pavimentados y no pavimentados y además que entreguen un refuerzo efectivo. Los suelos y las geogrillas son compañeros naturales. Al incorporar un elemento de resistencia, tal como las geogrillas, en un material de-baja-resistencia, como el agregado, se mejoran en forma significativa las propiedades de ingeniería del agregado.

Si el sólo hecho de incorporar una geogrilla al agregado mejora en forma significativa el rendimiento, el escoger la geogrilla apropiada redundará en mayores

beneficios.

Las geogrillas BasXgrids™ de Mirafi® son productos poliméricos extruídos de capas-múltiples de alto-rendimiento desarrolladas después de años de experiencia en la industria de los geosintéticos y la construcción.

## Características y Beneficios

- **ALTA RESISTENCIA A LA TRACCION** Las geogrillas BasXgrids™ son diseñadas para entregar la elevada resistencia requerida en las aplicaciones de base tanto en la dirección de la máquina como en la dirección transversal de la máquina.
- **ALTO MODULO** Las geogrillas BasXgrids™ tienen módulo altos, que entregan refuerzos de resistencia con un mínimo de elongación.
- **ALTA RESISTENCIA A LOS PRODUCTOS QUIMICOS** Elaboradas de un polipropileno seleccionado, las geogrillas BasXgrids™ no se ven afectadas por los químicos que se encuentran en la mayoría de los suelos.
- **ALTA RESISTENCIA AL TIRON** El tamaño variable de apertura y los numerosos elementos de resistencia de las geogrillas de capa-múltiple BasXgrids™ entregan una resistencia al tirón excepcional con un amplio rango de clasificación de suelos.

## Aplicaciones

Las geogrillas BasXgrid™ 22, BasXgrid™ 33, y BasXgrid™ 55 de Mirafi® distribuyen las cargas aplicadas sobre un área de mayor extensión reduciendo la presión vertical en el subsuelo. Esto permite un diseño de vida más largo en comparación con una sección similar sin refuerzo. Si se está diseñando para un tiempo de vida útil específico, esto permite reducciones bastante significativas en el grosor de la capa de base. Las geogrillas BasXgrids™ de Mirafi® permiten una reducción del grosor de la base granular cercana al 30% en sistemas de pavimentación flexible.

Propiedades Mecánicas	Método de Prueba	Unid.	BasXgrid™ 22 MARV		BasXgrid™ 33 MARV		BasXgrid™ 55 MARV	
			MD	CD	MD	CD	MD	CD
Dirección de la Prueba			MD	CD	MD	CD	MD	CD
Resistencia Tracción Última	GRI-GG1	kN/m (lb/ft)	13.5 (925)	20.5 (1400)	20.0 (1370)	30.7 (2100)	21.9 (1500)	35.0 (2400)
Módulo Tracción @ 2% esfuerzo	GRI-GG1	kN/m (lb/ft)	226.1 (15500)	324.7 (22250)	305.0 (20900)	449.4 (30800)	299.1 (20500)	500.5 (34300)
Módulo Tracción @ 5% esfuerzo	GRI-GG1	kN/m (lb/ft)	183.8 (12600)	264.1 (18100)	275.8 (18900)	395.4 (27100)	269.9 (18500)	389.6 (26700)
Resistencia Intersección	GRI-GG2	kN/m (lb/ft)	12.2 (835)	18.5 (1260)	17.9 (1230)	27.7 (1900)	19.8 (1350)	31.5 (2160)
Resist. Intersección por tramo	GRI-GG2	N (lb)	333.7 (75)	356.0 (80)	333.7 (75)	356.0 (80)	222.5 (50)	356.0 (80)

Propiedades Físicas	Método de Prueba	Unid.	BasXgrid™ 22 Valor Típico	BasXgrid™ 33 Valor Típico	BasXgrid™ 55 Valor Típico
Masa/unid. área	ASTM D5261	g/m <sup>2</sup> (oz/sy)	240 (7.0)	360 (10.5)	315 (9.2)
Número de capas	—	—	2	3	5
% área abierta	COE CW-02215	%	80	70	60
Dimensiones de Rollos (A x L)	—	m (ft)	3.8 x 100 (12.5 x 328)	3.8 x 50 (12.5 x 164)	4.5 x 50 (14.75 x 164)
Peso Bruto del Rollo	—	kg (lb)	98 (216)	75 (165)	79 (173)
Area del Rollo	—	m <sup>2</sup> (yd <sup>2</sup> )	380 (455)	190 (227)	225 (268)
Polímero	—	—	Polipropileno	Polipropileno	Polipropileno

# TENAX TT 301AMP

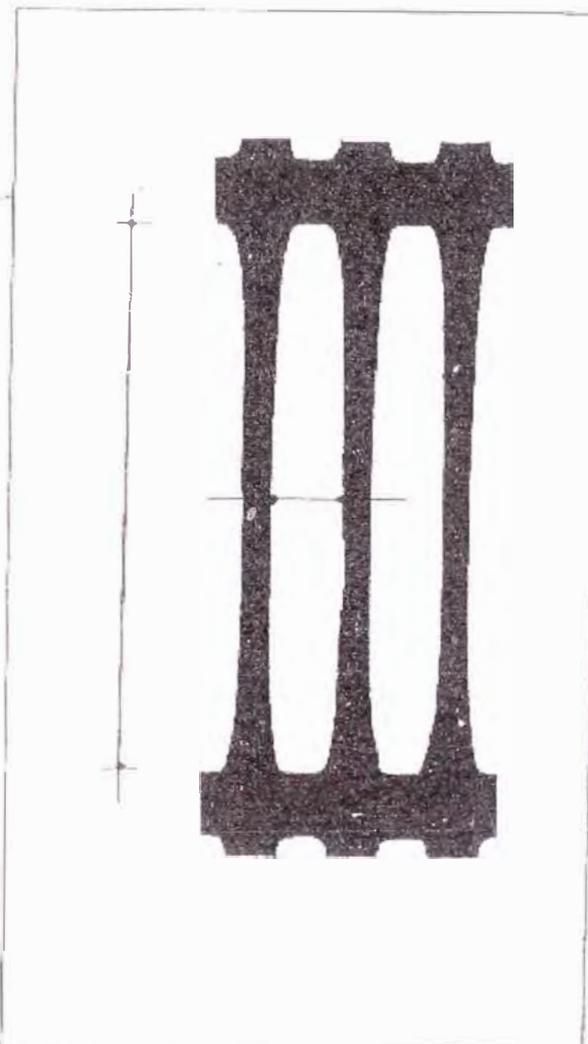
## MONO-ORIENTED LAMINAR GEOGRIDS

### PHYSICAL CHARACTERISTICS

Type	TENAX TT 301AMP
Structure	mono-oriented geogrids
Mesh	oval apertures
Polymer	100% HDPE
U.V. stabilizer	Carbon Black
Packing	rolls wrapped in polyethylene film with inside label

### DIMENSIONAL CHARACTERISTICS

Aperture size:	MD	125/135 mm
	TD	15/20 mm
Roll width		1.00 m
Roll length		30.00 m
Roll diameter		0.28 m
Roll volume		0.072 m <sup>3</sup>
Roll weight		18 kg min.



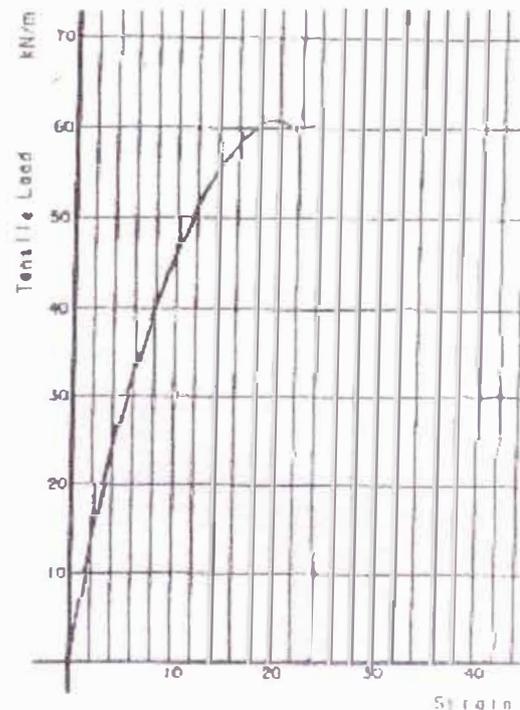
# TENAX TT 301AMP

## MONO-ORIENTED LAMINAR GEOGRIDS

### MECHANICAL CHARACTERISTICS

Wide width strip tensile strength *ASTM D 4595	63.0 kN/m
Peak tensile strength (single rib) *GRI-GG1 - TENAX test 001	60.0 kN/m
Yield point elongation (single rib) *GRI-GG1 - TENAX test 001	19%
Secant modulus at 2% strain *GRI-GG1 modified - TENAX test 001	760 kN/m <sup>2</sup> %
Secant modulus at 5% strain *GRI-GG1 modified - TENAX test 001	580 kN/m <sup>2</sup> %
Junction strength *GRI-GG2 - TENAX test 002	56.0 kN/m
Long term design strength *GRI-GG3 modified - TENAX test 005	22.8 kN/m
Bulkier connection strength *ASTM 4595 modified - TENAX test 004	31.6 kN/m
Flexural rigidity *ASTM D1558 modified - TENAX test 009	1 620 000 mgxcm
Coefficient of direct slippage *TENAX test 005	see tab. 2.1
Coefficient of pull out *TENAX test 005	see tab. 2.2
Open area *C.O.E. modified - TENAX test 007	60%
Polymer *ASTM D1249	HDPE - type III - class A - grade 5
UV Protection (carbon black content) *ASTM D421E	2%
Thickness - rib (actual) *calipered - TENAX test 008	1.25 mm
Thickness - junction (actual) *calipered - TENAX test 000	3.60 mm

Tensile test result for TENAX TT 301AMP



Test sample: 200mm long  
 Test width: 60mm min  
 Test temperature: 22°C  
 Reported results: average values

# TENAX LBO 301AMP

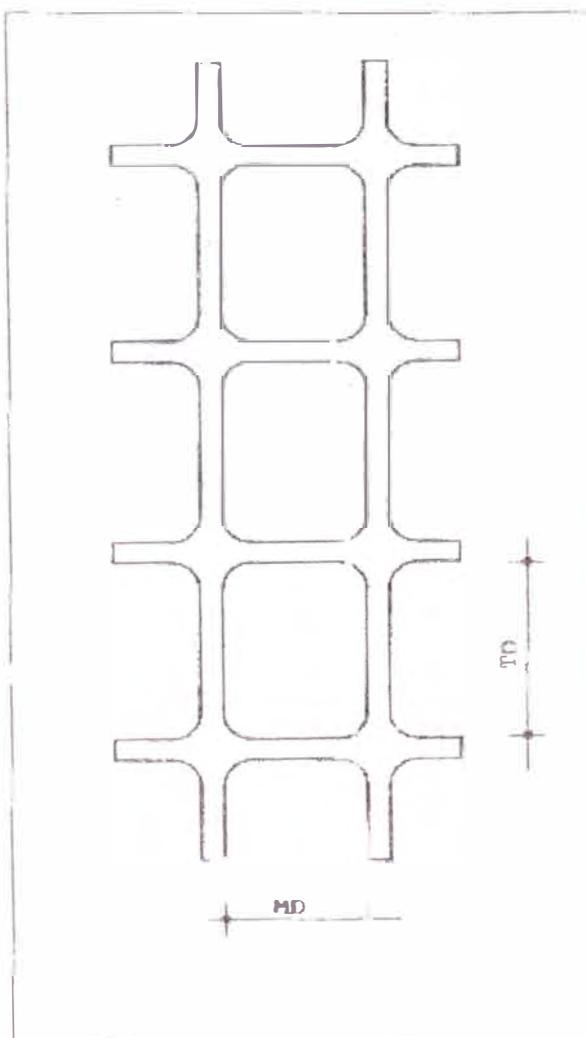
## BIORIENTED LAMINAR GEOGRIDS

### PHYSICAL CHARACTERISTICS

Type	TENAX LBO 301AMP
Structure	bi-oriented geogrids
Mesh	rectangular apertures
Polymer	Polypropylene
U.V. stabilizer	Carbon Black
Packing	rolls wrapped in polyethylene film with inside labels

### DIMENSIONAL CHARACTERISTICS

Aperture size	MD	30 mm
	TD	45 mm
Roll length		50.00 m
Roll width		3.50 m
Roll diameter		0.29 m
Roll volume		0.27 m <sup>3</sup>
Roll weight		57 kg min

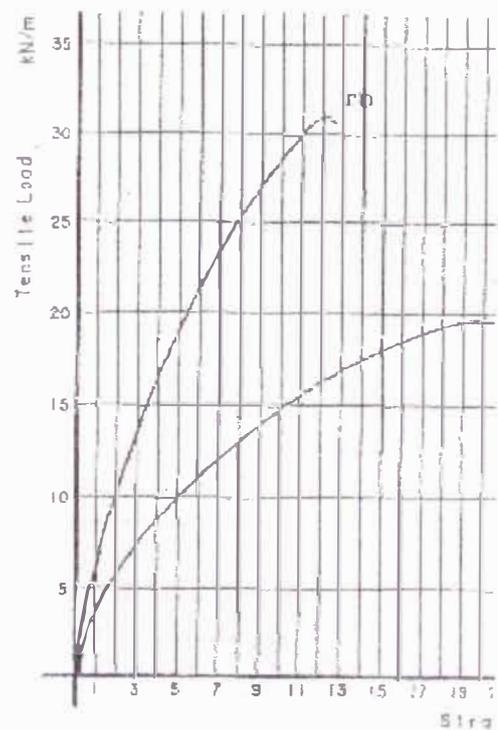


# TENAX LBO 301AMP

## BIORIENTED LAMINAR GEOGRIDS

### MECHANICAL CHARACTERISTICS

Wide width strip tensile strength ASTM D 4595	MD TD	19,5 kN/m 30,1 kN/m
Peak tensile strength (single rib) GRI-GG1 modified TENAX test 001/B	MD TD	19,5 kN/m 30,0 kN/m
Yield point elongation (single rib) GRI-GG1 modified TENAX test 001/B	MD TD	20 % 11 %
Secant modulus at 2% strain GRI-GG1 modified TENAX test 001	MD TD	285 kN/m <sup>2</sup> % 440 kN/m <sup>2</sup> %
Secant modulus at 5% strain GRI-GG1 modified TENAX test 001	MD TD	180 kN/m <sup>2</sup> % 370 kN/m <sup>2</sup> %
Junction strength GRI-GG2 TENAX test 002	MD TD	15,0 kN/m 29,0 kN/m
Flexural rigidity ASTM D1398 modified TENAX test 009	MD TD	850,000 mgxcm 950,000 mgxcm
Coefficient of direct sliding TENAX test 004		see tab. 2.1
Coefficient of pull-out TENAX test 005		see tab. 2.2
Open area C.O.E. modified TENAX test 006		75%
Polymer ASTM D4101		Polypropylene - Group I Class 1 - Grad II
U.V. Protection (carbon black content) ASTM D4218		1.5%
Thickness - rib (about) calipered TENAX test 007	MD TD	1,20 mm 1,50 mm
Thickness - junction (about) calipered TENAX test 007		3,50 mm



Test sample : 200 mm long  
 Test speed : 50 mm/min  
 Test temperature : 20°C  
 Reported results : average values

# TENAX MS 600

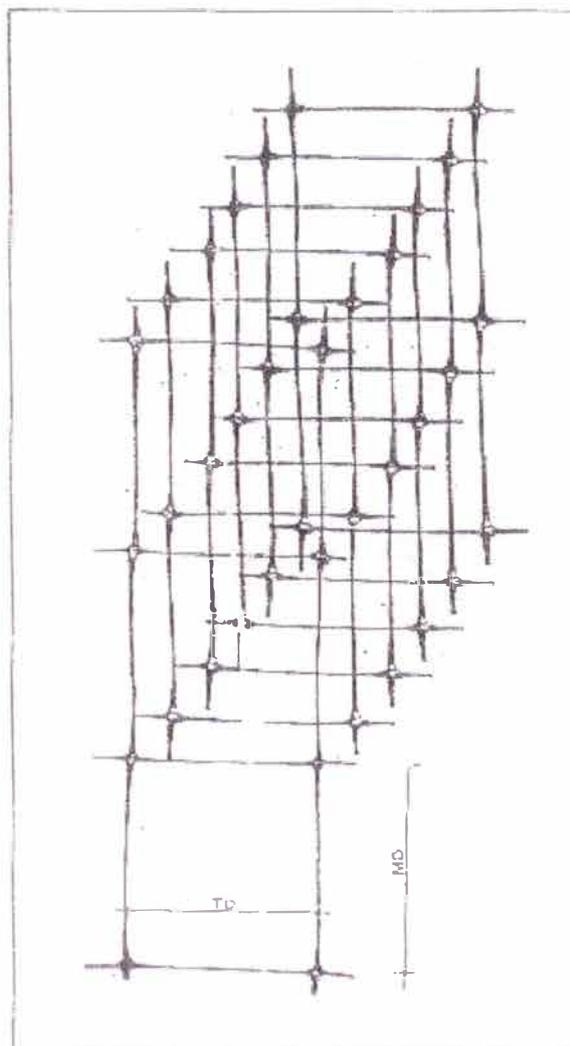
## MULTILAYER BI-ORIENTED GEOGRIDS

### PHYSICAL CHARACTERISTICS

Type	TENAX MS 600
Structure	geocomposite made by layers of bioriented geogrids sewn together
Mesh	rectangular apertures
Polymer	Polypropylene
U.V. stabilizer	Carbon Black
Packing	rolls wrapped in polyethylene film with inside label

### DIMENSIONAL CHARACTERISTICS

Aperture size	MD	70 mm
	TD	60 mm
Roll width		4.60 m
Roll length		50.00 m
Roll diameter		0.55 m
Roll volume		1.50 m <sup>3</sup>
Roll weight		93 kg min.

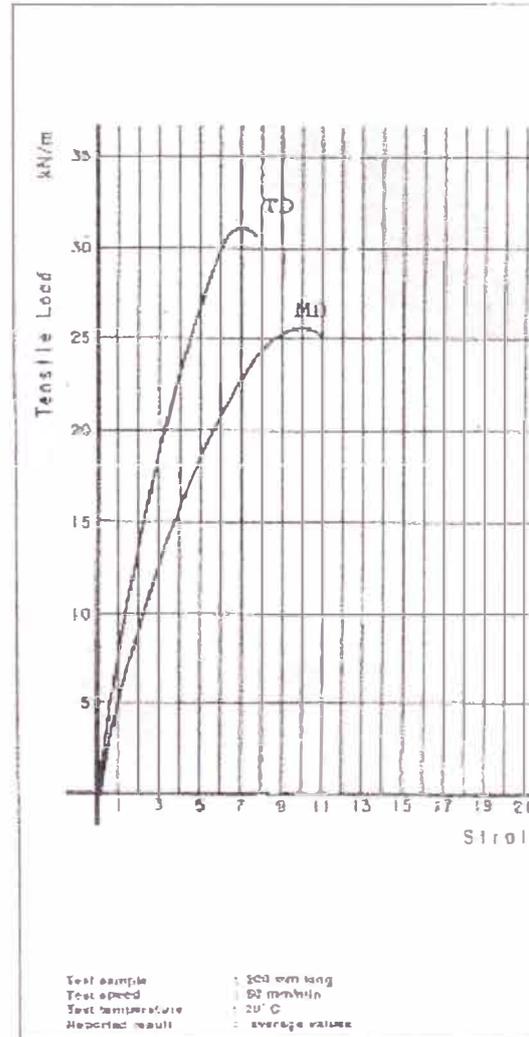


# TENAX MS 600

## MULTILAYER BI-ORIENTED GEOGRIDS

### MECHANICAL CHARACTERISTICS

Wide width strip tensile strength ASTM D 4595	MD	25.7 kN/m
	TD	31.3 kN/m
Peak tensile strength (single rib) GRI-GG1 modified TENAX test 001/B	MD	33.6 kN/m
	TD	31.6 kN/m
Yield point elongation (single rib) GRI-GG1 modified TENAX test 001/B	MD	10 %
	TD	7 %
Secant modulus at 2% strain GRI-GG1 modified TENAX test 001	MD	450 kN/m <sup>2</sup> %
	TD	550 kN/m <sup>2</sup> %
Secant modulus at 5% strain GRI-GG1 modified TENAX test 001	MD	380 kN/m <sup>2</sup> %
	TD	510 kN/m <sup>2</sup> %
Junction strength GRI-GG2 TENAX test 002	MD	20.4 kN/m
	TD	27.6 kN/m
Flexural rigidity ASTM D1388 modified TENAX test 009	MD	1,170,000 mgxcm
	TD	970,000 mgxcm
Coefficient of direct slicing TENAX test 004		see tab. 2.1
Coefficient of pull-out TENAX test 005		see tab. 2.2
Open area C.O.E. modified TENAX test 006		72%
Polymer ASTM D4101	Polypropylene - Group I Class I - Grade II	
U.V. Protection (carbon black content) ASTM D4218		1.5%
Thickness - rib (about) calipered TENAX test 007	MD	1.20 mm
	TD	1.50 mm
Thickness - junction (about) calipered TENAX test 007		3.30 mm

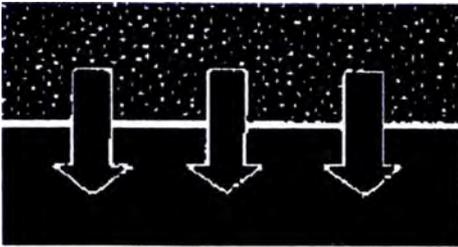


**ANEXO 3**

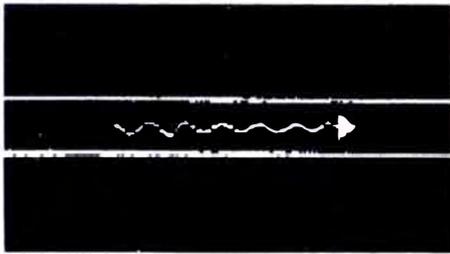
**FUNCIONES DE LOS GEOTEXILES  
GRÁFICOS Y FOTOGRAFÍAS**

# FUNCIONES DE LOS GEOTEXILES

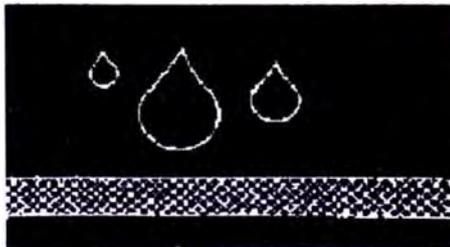
## FILTRACION



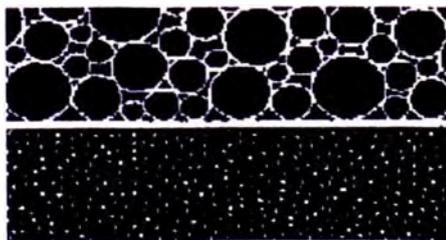
## DRENAJE



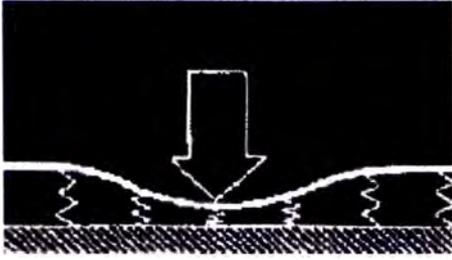
## IMPERMEABILIZACION



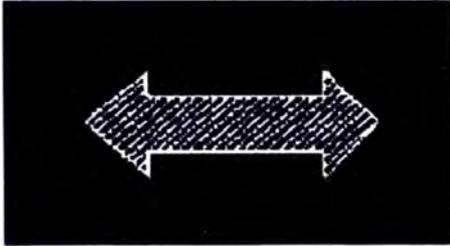
## SEPARACIÓN



## PROTECCION



## REFUERZO



**ANEXO 4**

**FOTOGRAFIAS**

# REPAVIMENTACION AEROPUERTO EL DORADO, BOGOTÁ, COLOMBIA







## **BIBLIOGRAFÍA**

- Beuving, E.; van den Eltzen, M. J. M.; Hopman, P., 1994: Selection of Geosynthetics and Related Products for Asphalt Reinforcement. 5<sup>th</sup>. International Conference of Geotextiles, Geomenbranes and Related Products, Singapore.
  
- Courard, L.; Rigo, J. M., 1994: Effect of Geotextiles on Crack Propagation in the Pavement Overlays, 5<sup>th</sup> International Conference of Geotextiles, Geomenbranes and Related Products, Singapore.
  
- Rigo, J. M., 1993: General Introduction, Main Conclusions of the 1989 Conference of Reflective Cracking in Pavements and Future Prospects. Reflective Cracking in Pavements – State of the Art and Design Recommendations.
  
- Richardson, G. N.; Koemer, R. N., 1992: Section 13 Asphalt Overlay. A Designer Primer: Geotextiles and Related Materials.

- Manual de Diseño y Construcción de Autopistas con Geosintéticos, National Highway Institute, U. S. Department of Transportation. (Capítulo 6)
- Roshnen, Theron J., 1997: A Case Study into the Use of Pavement Reinforcing Grid, Mastic and Membrane Interlayers on Asphalt Concrete Overlays. Geosynthetics'97 Conference Proceedings.
- Barazone, Mounque, 1994: Paving Fabric Tack Coats. Pavement Maintenance, January 1994.
- Publicación Técnica TENAX, 1994: Uso de Geosintéticos Como Refuerzo en Pavimentos.
- Publicaciones de la División de Geosistemas PAVCO
  - Geo Obras, N° 18, 1999
  - Geo Noticias N° 01. 1998
- Productos Mirafi, página web: [www/tcmirafi.com/es/products](http://www/tcmirafi.com/es/products)
- Productos Poligeo, página web: [www/Poligeo.com](http://www/Poligeo.com)