

INTRODUCCIÓN

1.1.- GENERALIDADES

Las vías asfaltadas con pavimento rígido sufren un constante deterioro por la aparición de fisuras en las losas causadas por contracciones climatológicas, deterioros por levantamientos, deterioros por distensión de cimientos pétreos, subsuelos irregulares y situaciones hidrológicas desfavorables en el subsuelo o agua estancada en las capas resistentes, así como por el incremento de las cargas que soporta la estructura del pavimento, debido a que ésta cuenta con un rango mínimo de resistencia a carga vehicular comparado con otros países.

Por tanto, es primordial fortalecer e impulsar una solución práctica para poder reforzar vías terrestres más resistentes y durables, prolongando así la vida útil de las mismas sin que esto represente dificultades en los procedimientos de construcción más largos con costos excesivos.

En las últimas décadas los geosintéticos de varios tipos han sido una de las tecnologías que se ha incorporado para la recuperación y rehabilitación de un pavimento asfáltico que se encontraba en un grado de deterioro progresivo por las acciones de carga, de temperatura, factores extrínsecos o por su simple cumplimiento de vida útil.

También se han utilizado geosintéticos en las estructuras de pavimento, como refuerzo para incrementar la resistencia a tracción de uno o varios niveles del paquete estructural.

Estos hechos incidió a seguir estudiando y una de las alternativas es la de evaluar en laboratorio la eficiencia de geosintéticos, de distintas características y en distintas posiciones relativas, usados como agentes anti-reflejo de fisuras aplicados en pavimentos rígidos, para este caso se introducirá una metodología de evaluación con aplicación de cargas para luego proceder a realizar una valoración comparativa de

eficiencia en el accionar de los geosintéticos interpuestos, cumpliendo la función de anti-reflejo de fisuras en el paquete estructural.

Como sucede con todas las tecnologías aplicadas a la ingeniería civil, las experiencias deben aprovecharse para mejorar y los geosintéticos no son una excepción.

1.2.-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El fenómeno del reflejo de fisuras en un pavimento, es definido por el reaparecimiento en la superficie de la capa de rodadura las fisuras existentes del pavimento antiguo, por efecto del tránsito o de las variaciones climáticas. Este fenómeno es uno de los problemas más serios de deterioro de pavimentos rehabilitados en todo el mundo, mereciendo el asunto un cuidado especial en los diseños.

El avance tecnológico recomienda métodos y aplicaciones adecuados para controlar y evitar reflejos de fisuras en los pavimentos y una de las alternativas es el uso de geosintéticos como anti-reflejos de fisuras para el rehabilitamiento de losas en los pavimentos rígidos, proporcionando a las carreteras pavimentadas características de durabilidad.

1.3.-JUSTIFICACIÓN

La oferta de productos geosintéticos es cada vez más frecuente en el mercado, con una serie de fines amplios en la ingeniería, estos nos dan alternativas para sustituir materiales naturales en la construcción, obligando a ingenieros a familiarizarse con sus propiedades, ventajas y aplicaciones de dichos materiales.

Al involucrar estos materiales como anti-reflejos de fisuras en los pavimentos rígidos verificaremos la eficiencia del mejor modelo de geosintético sujeto a distintas cargas.

Por esta razón es interesante realizar una investigación abocada en la aplicación de geosintéticos, por tener las características necesarias para su uso como anti-reflejos de fisuras en pavimentos y que presentan nuevas alternativas dentro de su construcción.

Los resultados de la investigación irán como un aporte en el tema de rehabilitar pavimentos rígidos y retardar fisuras permitiendo la durabilidad de los pavimentos rígidos y hacerlos más seguros para los usuarios viales.

Cabe hacer notar que es necesario contar con una base teórica – técnica acerca de los geosintéticos como anti-reflejos, donde se dé a conocer una alternativa para la solución de los problemas de fisuras en pavimentos, debido a que en nuestro medio no se cuenta con una investigación que respalde la utilización y el funcionamiento de estos materiales.

1.4.- OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar la aplicación de geosintéticos usados como anti-reflejos de fisuras aplicados a pavimentos rígidos.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización de los materiales componentes del concreto a través de pruebas en laboratorio, para la elaboración de la carpeta y sobre carpeta del pavimento rígido.
- Identificar las propiedades de los geosintéticos usados como anti reflejos de fisuras aplicados en pavimentos rígidos.
- Evaluar el reflejo de fisuras en capas fisuradas rehabilitadas con hormigón sin la aplicación de geosintéticos.
- Realizar una evaluación de los geosintéticos como anti- reflejos de fisuras, sobre capas fisuradas de pavimentos rígidos.
- Verificar la eficiencia de dos sistemas de rehabilitación de pavimento rígido con diferentes muestras de geosintético: Geogrillay Geocompuestos.

- Establecer a partir de los resultados conclusiones y recomendaciones sobre la investigación.

1.5.- ALCANCE

- ✓ Esta investigación que trata de la Aplicación de distintos geosintéticos usados como anti-reflejos de fisuras aplicados en pavimentos rígidos, comenzara con un enfoque general de los geosintéticos y su incorporación como anti-reflejo de fisuras desarrollando diferentes ideas relacionadas con establecer los distintos objetivos que se persiguen desde el general hasta los específicos. Además de desplegar todas aquellas razones que nos motivaron a escoger esta idea de investigación y someterla como viable en su ejecución.
- ✓ Como parte de esta investigación se definirá a los geosintéticos, sus componentes, propiedades y su respectiva clasificación.
- ✓ Se describirá todo lo referente a los pavimentos rígidos y sus tipos de fisuración.
- ✓ También se realizará una identificación general de las características y ventajas de los geosintéticos como anti- reflejos de fisuras.
- ✓ En la Aplicación de la práctica se hará conocer las condiciones con que se llevara adelante esta investigación.
- ✓ Se realizará la caracterización de los materiales componentes del concreto y se describirá los geosintéticos que se utilizara en la investigación.
- ✓ También se desarrollara el procedimiento de la elaboración de la carpeta de concreto en las probetas y vigas en estudio.
- ✓ Posteriormente se hará una evaluación detallada las fisuras aparecidas y su respectiva clasificación.
- ✓ Luego se hará la distribución de probetas y vigas para someterles a un recapamiento de hormigón donde se realizara el análisis de fisuración entre

probetas y vigas sin el uso de geosintéticos y con el uso de geosintéticos como anti- reflejo de fisuras.

- ✓ Seguidamente realizara la evaluación de los reflejos de fisuración en los ensayos sin geosintéticos y con geosintético.
- ✓ En las probetas con el uso de los geosintéticos: geogrilla y geocompuesto se realizara la aplicación de distintas cargas y se verificara los reflejos de fisuras, de esta forma tendremos una idea, del mejor material y el más eficiente como anti-reflejo de fisuras.
- ✓ Al finalizar con la investigación se describirá en conclusiones los valores más sobresalientes de todo el proceso de la investigación, los mismos que irán a enriquecer el campo vial y sobre todo será un aporte en las investigaciones de anti-reflejos de fisuras en los pavimentos rígidos.

CONCEPTOS GENERALES Y PROPIEDADES DE LOS GEOSINTÉTICOS

2.1.- DEFINICIÓN DE LOS GEOSINTÉTICOS

El término **GEOSINTÉTICO** se compone de dos palabras:

GEO: Prefijo griego que significa tierra/suelo, palabra ampliamente relacionada con la ingeniería y la geotecnia, que se refiere a los estudios sobre el comportamiento de los suelos.

SINTÉTICO: Son los productos fabricados por procedimientos industriales o por síntesis química

Los geosintéticos son productos elaborados a partir de materiales poliméricos termoplásticos como ser (textiles, caucho, materiales plásticos, membranas bituminosas/polímeros y bentonita), mezclados con fibras naturales, las cuales poseen propiedades Físico-Mecánicas e Hidráulicas, que hacen que su utilización sea apropiada en diferentes obras civiles.

Otra definición proporcionada por la ASTM D - 4439-97: Los geosintéticos son productos elaborados a partir de materiales poliméricos usados en suelos, roca, tierra y otros materiales geotécnicos similares, como una parte integral de proyectos de ingeniería civil, estructuras u otras construcciones elaboradas por el hombre.

Los geosintéticos generalmente son identificados por:

1. Polímero componente.
2. Proceso de fabricación.
3. Tipo primario de geosintético.
4. Masa por unidad de área.
5. Cualquier otra información adicional o propiedades físicas necesarias para describir el material en relación a sus aplicaciones específicas.

Así por ejemplo podemos identificar un geosintético como:

- ✓ Geotextil no tejido agujeteado de polipropileno de 350 g/cm².
- ✓ Geored de polietileno de 440 g/cm² con aberturas de 8 mm.
- ✓ Geomalla biaxial de polipropileno extruido con aberturas de 25×25 mm.
- ✓ Geomembrana de polietileno de alta densidad de 1.5 mm de espesor.

Fuente: PAVCO-AMANCO, “Manual de Diseño” 7ma Edición, Bogotá, Colombia, 2006.

2.2.- COMPONENTES DE LOS GEOSINTÉTICOS

Los geosintéticos poseen dentro de su estructura diferentes elementos dentro de los cuales se encuentran los polímeros y algunas fibras naturales como el algodón, el yute y juncos. Los polímeros más utilizados son el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliéster (PS), el poliuretano (PU) y el policloruro de vinilo (PVC).

-POLIETILENO (PE): El polietileno es un material termoplástico blanquecino, de transparente a translúcido, y es frecuentemente fabricado en finas láminas transparentes. Las secciones gruesas son translúcidas y tienen una apariencia de cera. Mediante el uso de colorantes pueden obtenerse una gran variedad de productos coloreados.

Algunas de las propiedades que hacen del polietileno una materia prima tan conveniente para su utilización en los geosintéticos entre otras podemos mencionar, poco peso, flexibilidad, tenacidad, alta resistencia química y propiedades eléctricas sobresalientes.

-POLIPROPILENO (PP): El polipropileno es un plástico muy duro y resistente, es opaco y con gran resistencia al calor pues se ablanda a una temperatura más elevada de los 150 °C. Es muy resistente a los golpes aunque tiene poca densidad y se puede doblar muy fácilmente, resistiendo múltiples doblados por lo que es empleado como material de bisagras. También resiste muy bien los productos corrosivos. Es un

material inerte, compatible con todo tipo de cementos y aditivos, por lo que se utiliza para armar morteros de cemento y en la construcción de materiales geosintéticos.

Tiene muy buenas propiedades mecánicas, algunas de las propiedades más importantes que podemos mencionar de este material son: que es de muy baja densidad, es más rígido que la mayoría de los termoplásticos, posee una gran capacidad de recuperación elástica, tiene una excelente compatibilidad con el medio, es un material fácil de reciclar, alta resistencia al impacto, buena resistencia superficial, tiene buena dureza superficial y estabilidad dimensional.

-POLIESTER (PS): El poliéster es uno de los materiales más empleados en el campo de los geotextiles, son las fibras que, junto a las de vidrio, más se utilizan en la arquitectura textil combinadas con una matriz termoplástica, normalmente policloruro de vinilo (PVC).

Las propiedades del poliéster son elevada estabilidad dimensional, insignificante contracción posterior al moldeo, alta resistencia al calor y cambios bruscos de temperatura, elevada resistencia a la fisuración.

- POLICLORURO DE VINILO (PVC): Es una resina termoplástica obtenida a partir de la polimerización de dos materias primas naturales, el cloruro de sodio o sal común (NaCl) y gas natural.

Las propiedades del PVC son: una elevada resistencia a la abrasión, baja densidad (1,4 g/cm³), buena resistencia mecánica y al impacto, lo que lo hace común e ideal para la edificación y construcción. Es dúctil y tenaz; presenta estabilidad dimensional y resistencia a la mayoría de agentes químicos.

- POLIURETANO (PU): Es una resina sintética que se presenta la mayoría de las veces como una espuma rígida y se utiliza mayormente en la fabricación de georedes debido que presenta una alta resistencia a la deformación por compresión mecánica.

El poliuretano se caracteriza por su alta resistencia a la abrasión, al desgaste, al desgarre, al oxígeno, al ozono y a las temperaturas muy bajas.

2.3.- CLASIFICACIÓN DE LOS GEOSINTÉTICOS

2.3.1.- GEOTEXTILES

Llamamos geotextil al material textil plano, permeable, de apreciable deformabilidad, formado por fibras poliméricas termoplásticas de diversos orígenes, entre las más utilizadas podemos mencionar a las poliolefinas, poliésteres y poliuretanos. Los geotextiles se clasifican en dos grandes grupos: tejidos y no tejidos; los primeros están formados por dos o más conjuntos de hilos, fibras, filamentos u otros elementos entrecruzados perpendicularmente entre sí, formando estructuras bidimensionales; los segundos están constituidos por filamentos repartidos aleatoriamente cuya cohesión, está asegurada por procedimientos mecánicos, térmicos o químicos.

En la mayoría de los casos los geotextiles cumplen con varias funciones, aunque siempre hay alguna de ellas que es la principal. Entre las funciones hidráulicas están la de filtración y drenaje. Entre las funciones mecánicas se pueden destacar la de separación, la de refuerzo y la de protección.

Fig. 2-1 GEOTEXTIL



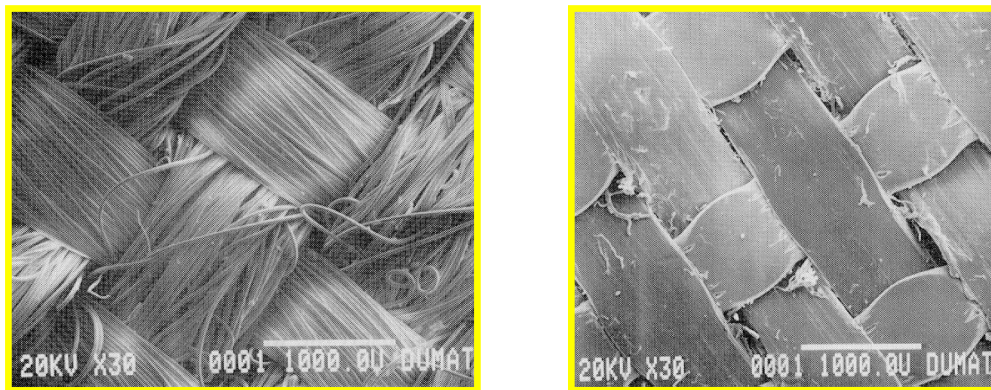
Fuente: Manual de Geosintéticos

- **GEOTEXTIL TEJIDO.**

Geotextil fabricado al entrelazar, generalmente en ángulo recto, dos o más conjuntos de hilos en dos direcciones preferenciales. Se fabrican con resinas poliméricas biológicas y químicamente inertes, resistentes a las diversas condiciones de los suelos, formando mallas cuyas funciones principales se basan en su capacidad

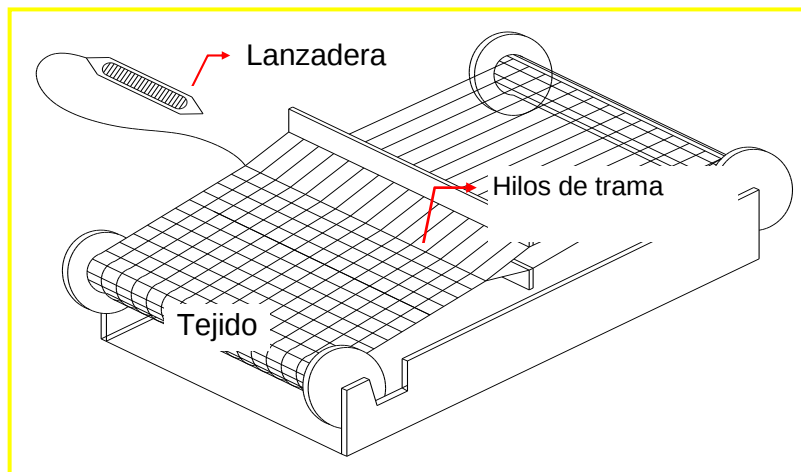
drenante y en su resistencia mecánica a la perforación y tracción. Además de ser empleados en la preparación y sellado de vertederos, son de aplicación en la construcción de subbases de carreteras, repavimentaciones y líneas férreas, en encauzamientos, canales y presas tiende de igual modo entre distintas evitando erosiones, en conducciones y drenajes como protección, en muros de contención, balsas, canales y túneles como refuerzo y drenaje del terreno, etc.

Fig. 2-2 GEOTEXTILES TEJIDOS



Fuente: Manual de geosintéticos

Fig. 2-3 DETALLE DE LA FABRICACIÓN DEL GEOTEXTIL TEJIDO



Fuente: Manual de geosintético

- **GEOTEXTIL NOTEJIDO**

Consiste en un geotextil en forma de lámina plana, con fibras, filamentos u otros elementos orientados regular o aleatoriamente, unidos químicamente, mecánicamente o por medio de calor, o por combinación de ellos. Pueden ser de fibra cortada o de filamento continuo. Dependiendo de la técnica empleada en la unión de sus filamentos, pueden ser:

1.- Geotextiles no tejidos, unidos mecánicamente.

La unión es mecánica, y en ella un gran número de agujas provistas de espigas atraviesan la estructura en un movimiento alterno rápido.

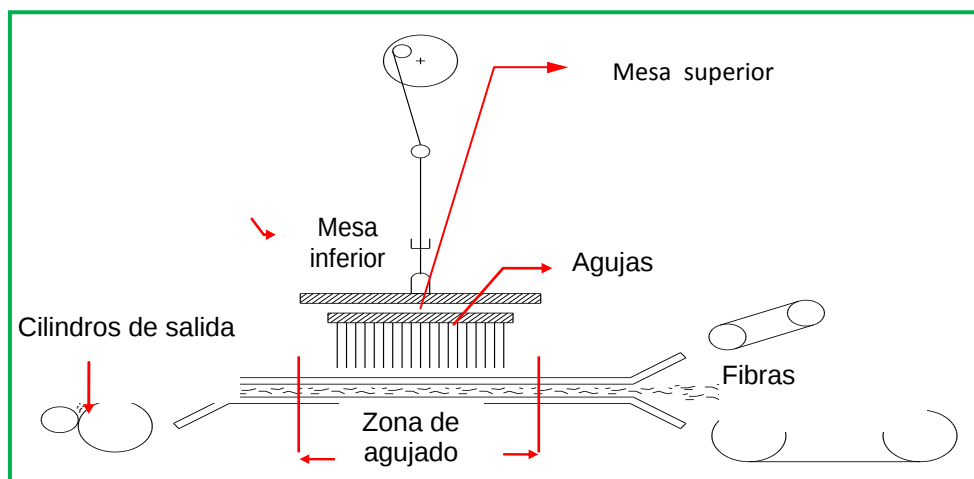
2.- Geotextiles no tejidos, unidos térmicamente.

La unión entre los filamentos se consigue por calandrado (acción conjugada de calor y presión).

3.- Geotextiles no tejidos, unidos químicamente.

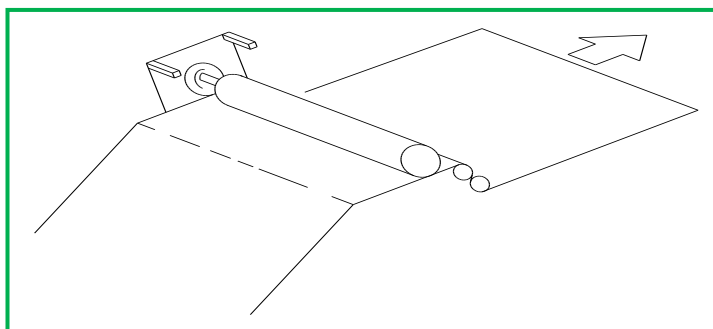
La unión entre sus filamentos se consigue mediante una resina.

Fig. 2-4GEOTEXTILES NO TEJIDOS PROCESO MECÁNICO



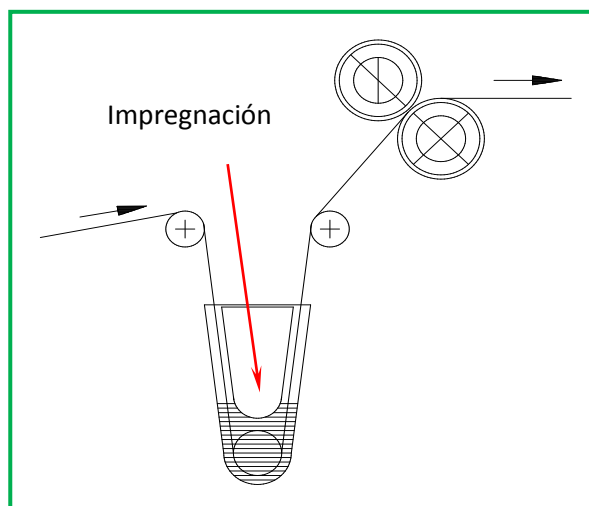
Fuente: Manual de geosintéticos

Fig. 2- 5 GEOTEXTILES NO TEJIDOS PROCESO TÉRMICO



Fuente: Manual de geosintéticos

Fig. 2-6GEOTEXTILES NO TEJIDOS PROCESO QUÍMICO



Fuente: Manual de geosintéticos

2.3.2.- GEOMALLAS.

Las geomallas son mallas de material polimérico con espacios abiertos (dimensionados para ser compatibles con la granulometría del relleno) llamados “aperturas”, los cuales están delimitados por “costillas”.

Las funciones principales que cumple son de refuerzo y estabilización, se puede usar para trabajos de refuerzo de terraplenes pudiendo así diseñarse taludes más verticales, y para incremento de la capacidad de soporte de bases y subbases de carreteras. También se utilizan en fundaciones, en diques, gaviones, obras marinas y otros.

Las características de las geomallas varían mucho según su composición química, tecnología de fabricación y según las diferentes patentes existentes en el mercado. Así, se pueden encontrar geomallas de diferentes materiales y formas, con diferentes tecnologías de unión en las juntas, con distintas aperturas de malla, con distintos espesores. Todas estas variaciones, obviamente, dan como resultado diferentes propiedades mecánicas y diferentes comportamientos, lo que deberá tenerse en cuenta a la hora de seleccionar la malla más adecuada para una aplicación determinada.

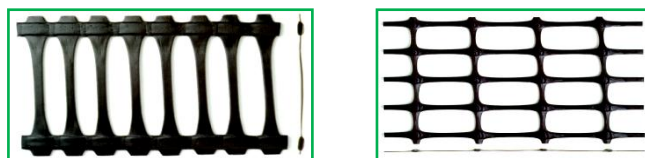
Dentro de las geomallas pueden ser distinguidos los siguientes tipos:

- 1.- Geomallas extruidas
- 2.- Geomallas tejidas
- 3.- Geomallas por adhesión o sobre posición de fibras

- **GEOMALLAS EXTRUIDAS**

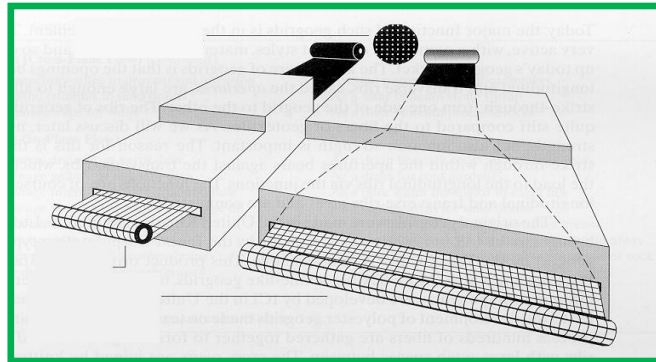
Son estructuras planas fabricadas de materiales poliméricos a través de un proceso de extrusión y un sucesivo estiramiento, que puede ser en una sola dirección (unidireccional, uní axial, monodireccional, caracterizadas por una resistencia a la tracción en el sentido longitudinal entre 60 y 200 KN/m) o en las dos direcciones principales (bidireccional, biaxial, biorientada, caracterizadas por una resistencia menor, prácticamente igual en los dos sentidos en un rango de 20 a 30 KN/m).

Fig. 2-7 GEOMALLAS EXTRUIDAS



Fuente: Manual de geosintéticos

Fig. 2-8 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS GEOMALLAS EXTRUIDAS

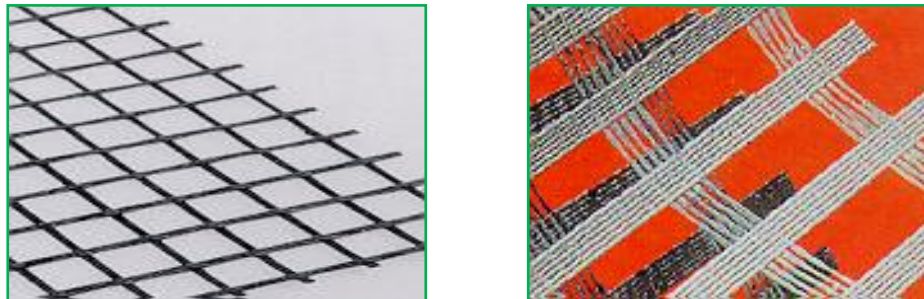


Fuente: Manual de geosintéticos

- **GEOMALLAS TEJIDAS**

Son estructuras planas en forma de red, fabricadas a través del entrelazamiento (en ángulos rectos) de fibras sintéticas con un elevado módulo de resistencia generalmente recubierta por una camada protectora, también en un material sintético (generalmente PVC).

Fig. 2-9 GEOMALLAS TEJIDAS



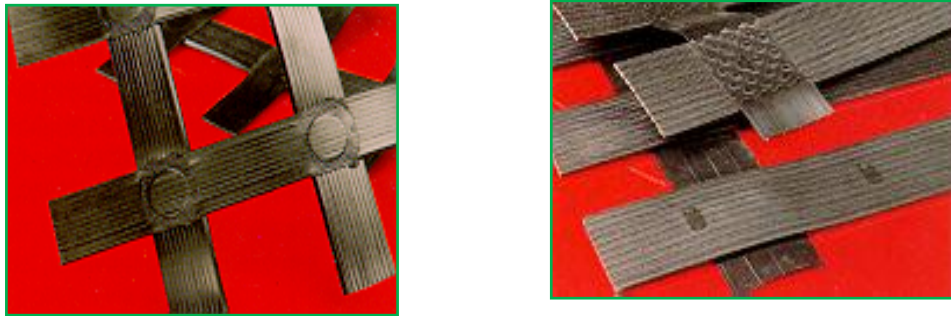
Fuente: Manual de geosintéticos

- **GEOMALLAS POR ADHESIÓN O SOBRE POSICIÓN DE FIBRAS**

Son estructuras planas producidas por la sobreposición y la sucesiva soldadura (adhesión), generalmente en ángulos rectos de las “geocintas” formadas por un núcleo en poliéster de alta resistencia revestido por una camada de protección en

polipropileno. Ese tipo de geomalla es la más resistente a la tracción longitudinal alcanzando los 1200 KN/m.

Fig. 2-10. GEOMALLAS POR ADHESIÓN O SOBRE POSICIÓN DE FIBRAS



Fuente: Manual de geosintéticos

- PROPIEDADES DE LAS GEOMALLAS

- a. Gran fortaleza en las uniones, para garantizar la transferencia de cargas a lo largo y lo ancho de la malla.
- b. Estructura de malla abierta. Para interactuar con materiales de relleno y formar así un material compuesto con una capacidad de carga mucho mayor.
- c. Rigidez torsional, para simplificar la instalación y ofrecer resistencia a la deformación una vez instalada.
- d. Módulo de alta resistencia a la tracción para resistir las cargas dinámicas.
- e. Durabilidad para sobrevivir a los esfuerzos de la instalación y resistir la degradación una vez instalada.

2.3.3.- GEOREDES

Las georedes están compuestas por una estructura de dos y tres dimensiones de capas y filamentos paralelos entretejidos que crean canales de gran capacidad de flujo y drenaje. Se construyen por extrusión de Polietileno de Alta Densidad (High-Density Polyethylene, HDPE) y son resistentes a agentes químicos y biológicos que

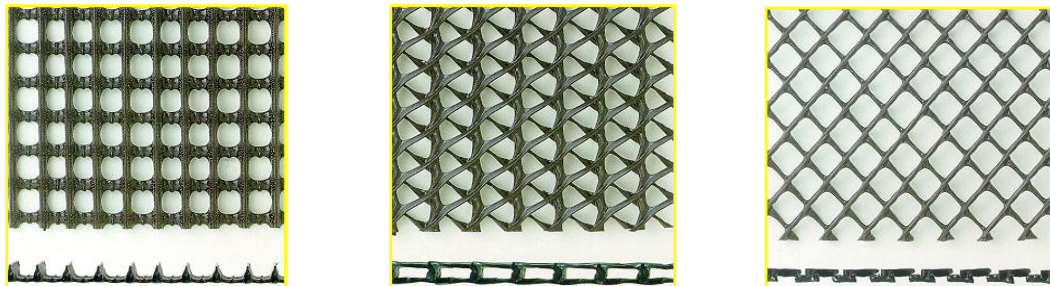
normalmente presentan el suelo y los desechos. También se utilizan para resistir la degradación de rayos ultravioleta (UV).

Las georedesbiplanares incorporan 2 nervaduras superpuestas en ángulo respecto a la dirección del flujo de los líquidos. Estas uniones se dirigen en la dirección del flujo.

Por todo ello, se ha desarrollado estructuras tridimensionales con elementos verticales rígidos. Sus nervaduras aumentan significativamente la capacidad de tensión y resistencia a la compresión de la geored. Estas nervaduras están también soportadas por estructuras planas que reducen la intrusión y pérdida de flujo de la sección de drenaje. El conjunto permite obtener altos índices de flujo en la vida útil de la estructura, y no solo por algunas horas. En la georedbiplanar, por tanto, el flujo es igual en todas las direcciones mientras que en el triplanar es mucho mayor.

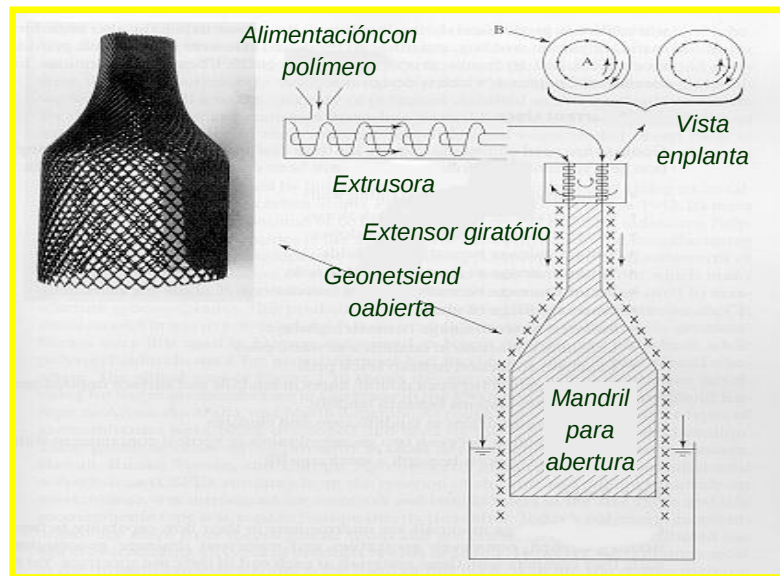
Las georedes sustituyen a los materiales naturales como arena y grava, y resuelven gran parte de los problemas asociados a los materiales naturales. De hecho, el uso de materiales naturales crea limitaciones de construcción y calidad tales como: estabilidad de taludes laterales, daños a las geomembranas y consistencia en la calidad y los espesores de los rellenos.

Fig. 2-11 GEOREDES



Fuente: Manual de geosintéticos

Fig. 2-12 PROCESO DE PRODUCCIÓN



Fuente: Manual de geosintéticos

Las georedes generalmente son utilizadas en conjunto con geotextiles como filtros y/o geomembranas como elementos de retención, ejerciendo la función de drenaje, o sea, transporte planar de fluidos a lo largo de su propia estructura, con una óptima resistencia a los esfuerzos de compresión.

2.3.4.- GEOMEMBRANAS

Son láminas de impermeabilización, cuya función principal es evitar el paso de agua y que se emplean en sistemas de impermeabilización tales como: túneles, vertederos, depósitos, almacenamiento de agua ó cubiertas planas de edificación.

Están fabricadas por diferentes tipos de resinas: caucho sintético, polipropileno, clorosulfonado, cloruro de polivinilo, polietileno de alta, media y de baja densidad.

La aplicación principal de las geomembranas es la impermeabilización en obras civiles, geotécnicas y ambientales en trabajos de manejo de desechos sólidos, rellenos sanitarios, lagunas de oxidación, minería, riego, acuicultura, agricultura, proyectos hidráulicos, canales de conducción, almacenamiento, lagunas de tratamiento de desechos de crudo, etc.

Se clasifican en los siguientes tipos:

- **GEOMEMBRANAS DE PVC** (Cloruro de Polivinilo): Son láminas impermeables fabricadas con resinas de PVC utilizando tecnologías que garantizan la calidad y uniformidad de la membrana.

- **GEOMEMBRANAS DE POLIETILENO**: Son láminas impermeables fabricadas a partir de resinas poliméricas formuladas para determinados usos cuya principal característica es una baja permeabilidad, flexibilidad y una alta resistencia, y su aplicación es la contención de líquidos.

- **GEOMEMBRANA DE POLIPROPILENO (PP)**: Los revestimientos de polipropileno reforzados con tela son livianos, lo que le permite gran flexibilidad para la fabricación de paneles de gran tamaño. Presentan una excelente estabilidad dimensional y características óptimas para su instalación en superficies planas, así como gran resistencia a las bajas temperaturas y a las rajaduras provocadas por condiciones ambientales. Son ideales para contener hidrocarburos.

- **GEOMEMBRANA DE POLIURETANO (PU)**: Consiste en una capa de uretano cubierta de material poliéster, haciéndola extremadamente flexible y resistente a la penetración.

Diseñadas especialmente para contención secundaria de combustibles tales como combustibles diesel, combustibles de avión, y gasolinas que contengan un máximo de 40% de volátiles. Ofrece asimismo excelentes características para la contención de amplias áreas principalmente las de contención bajo tierra, además de ofrecer resistencia a una amplia gama de químicos y combustibles.

2.3.5.- GEOCELDAS

Un material ideal para utilizar en aplicaciones de ingeniería civil ha de ser aquél que proporcione una buena compactación y que permita el drenaje del agua con libertad. Con frecuencia nos encontramos que los terrenos con una buena capacidad de drenaje son difíciles de confinar in situ. La geocelda proporciona la solución para conseguir un confinamiento del terreno o de materiales granulares, con un buen drenaje.

Fig. 2-13 GEOCELDAS



Fuente: Manual de geosintéticos

Una ventaja adicional de este tipo de construcción es que las celdas exteriores pueden rellenarse con tierra vegetal, lo que va a proporcionar a la pared exterior del muro un aspecto agradable, reduciéndose asimismo el flujo de agua en la cara exterior.

Un muro de contención celular se utiliza en situaciones tanto de relleno como de recorte. Las geoceldas no sólo retienen el terreno en su sitio, sino que además proporcionan el drenaje de toda la estructura.

Las uniones de una geoceldas deben soportar 140 N por centímetro de espesor de la geocelda según lo estipulado en el Informe Técnico del U.S. Army Corps of Engineers (Cuerpo de Ingenieros del Ejército Estadounidense).

- ✓ Una soldadura de 102 mm soporta:
- ✓ Una carga de 72,5 kg durante un mínimo de 30 días
- ✓ Una carga de 72,5 kg durante un mínimo de 7 días mientras experimenta un cambio de temperatura de 23° C a 54° C en un ciclo de 1 hora de duración.

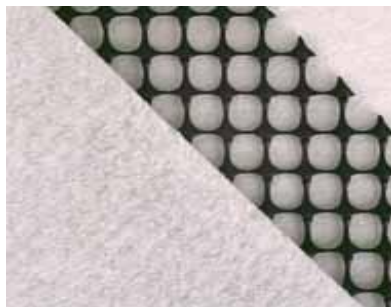
2.3.6.- GEOCOMPUESTOS

Nombre genérico para definir una estructura formada de productos geosintéticos distintos, utilizada en aplicaciones de ingeniería, geotecnia e hidráulica.

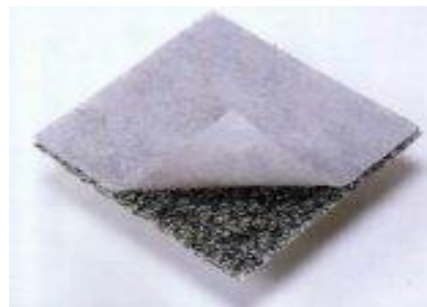
- **GEOCOMPUESTOS DRENANTES.**

Están formados por una geored que es un material formado por dos hilos superpuestos de polietileno de alta densidad (HDPE) que forman canales con alta capacidad de evacuación de agua, incluso cuando se colocan horizontalmente y se someten a grandes cargas y por uno o dos geotextiles no tejidos (según la aplicación), que actúan como elementos separadores, protectores, filtrantes y anticontaminantes de finos.

Fig.2-14 GEOCOMPUESTOS



Geocompuesto con geomalla



Geocompuesto con geotextil

- PROPIEDADES DE LOS GEOCOMPUESTOS

- a.** Son productos muy robustos, con resistencias al aplastamiento superiores a los 1,000 kPa (equivalentes a unos 50 m de tierra).
- b.** La pérdida de espesor al aumentar la presión es mínima, lo cual garantiza una elevada capacidad drenante bajo cualquier carga. En el mercado existen geocompuestos con capacidades drenantes superiores a los 8 a 500 kPa y gradiente hidráulico unidad.
- c.** Tienen un comportamiento excelente a largo plazo ya que la fluencia del material, o reducción del espesor a carga constante con el tiempo, es mínima. La diferencia entre los espesores de las georedes sometidas a 200 kPa y los mismos espesores medidos 1,000 horas es inferior al 3 %.

d. Elevada resistencia a la tracción, muy superior a las tracciones que recibirá durante la instalación.

e. Son duraderos puesto que el HDPE y el PP son materiales químicamente inertes, imputrescibles, insensibles a los agentes atmosféricos y a las aguas salobres y resistentes a la oxidación y a los microorganismos. Además estos materiales no producen efectos negativos al medio ambiente.

f. Son productos ligeros y flexibles que se adaptan a las pequeñas irregularidades del terreno.

g. Tienen espesores reducidos, por lo que son fáciles de transportar y almacenar. (Un camión trailer puede almacenar unos 10,000 m² de material, si se requiere drenar la misma superficie con grava, se necesitarían entre 30 y 60 camiones, dependiendo del espesor de la capa drenante).

Fuente: Tesis "Aplicación de los Geosintéticos en la Estructura de los Pavimentos y en obras de drenaje para carreteras"

2.4.- FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS GEOSINTÉTICOS

Los materiales geosintéticos realizan cinco funciones principales: separación, refuerzo, filtración, drenaje y barrera contra el paso de líquidos. El uso de geosintéticos tiene básicamente dos objetivos: hacer bien el trabajo (por ejemplo, sin deterioro del material o fugas excesivas) y hacerlo más económicamente (por medio de un bajo costo inicial o por medio e mayor durabilidad y vida más larga, reduciendo de esta manera los costos de mantenimiento).

Una función de un geosintético se refiere al papel específico que realiza un geosintético en una estructura de suelo/geosintético. La función es una tarea o capacidad específica que se espera que el producto realice durante la totalidad del proyecto o la instalación.

Tabla 2-1

TABLA DE FUNCIONES DE LOS GEOSINTÉTICOS

1-En ciertas aplicaciones de rellenos sanitarios 2-Cuando está saturada con una capa ligante en una aplicación de sobrecarpeta.		GEOTEXTILES	GEOTINTOS	GEOMEMBRANAS	GEOMALLAS
SEPARACION		✓			
FILTRACION		✓	✓		
REFUERZO		✓			✓
TRANSMISION		✓ ¹	✓		
PROTECCION		✓			
BARRERA		✓ ²		✓	

Fuente: Geosintéticos Lafayette

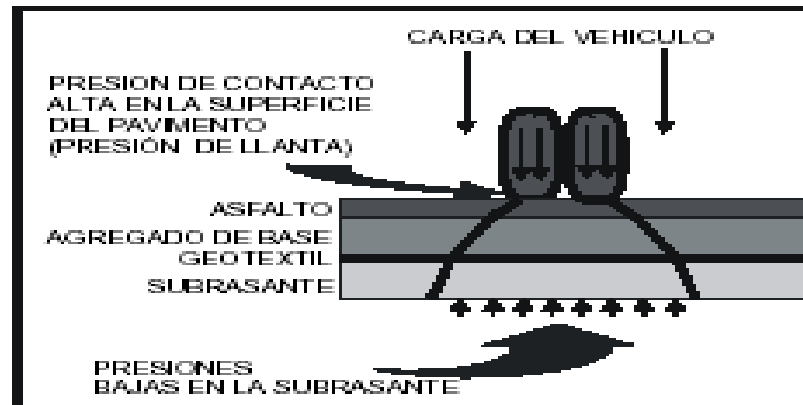
Cada una de estas funciones puede estar definida en términos del papel que este desempeñe durante la instalación. A continuación se presenta una definición y descripción de cada una de las funciones mostradas en la tabla anterior.

2.4.1.- SEPARACIÓN:

Se puede usar los geosintéticos (geotextiles), para separar las capas de la estructura de soporte de la vía, con diferentes propiedades y tamaños de agregados.

El paso de los vehículos sobre la capa de rodamiento, causa el movimiento de las partículas de las capas inferiores, como resultado de esto, los finos de la subrasante pueden ser bombeados hacia arriba, dentro de las capas granulares, reduciendo la resistencia y la capacidad de drenaje de esas capas. Además, los geosintéticos pueden reducir la penetración de las partículas granulares dentro de una subrasante blanda, manteniendo de esta manera el espesor y la integridad de las capas granulares, incrementando además la vida de servicio de la vía. Para cumplir con esta función, el geosintético debe ser resistente a los esfuerzos concentrados (tracción y punzonamiento) y tener aberturas compatibles con los tamaños de las partículas del material a ser retenido.

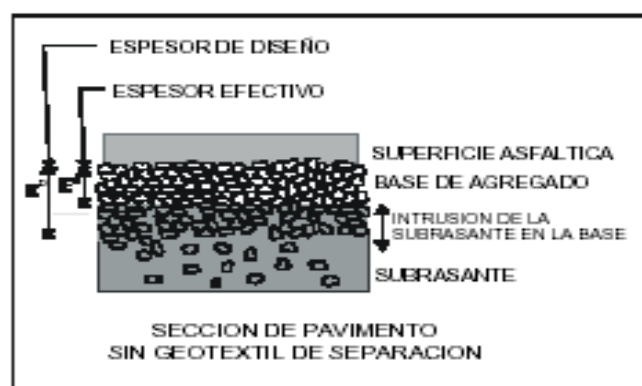
Fig. 2-15 FUNCIÓN DE SEPARACIÓN



Fuente: Simposio sobre geosintéticos

La disipación de la presión ocurre hacia abajo a través de las diferentes capas de materiales dentro del pavimento como se muestra en la Fig. 2 -15.Y con el paso del tiempo la carga aplicada por los vehículos causan que la tierra de la subrasante migre hacia el interior de la base de agregado de la sección del pavimento.La contaminación de la base de agregado por la subrasante da como resultado una reducción del espesor efectivo de la base a menos del que era parte del diseño original. Este concepto se ilustra en la Fig. 2-16.

Fig. 2-16 FUNCIÓN DE SEPARACIÓN

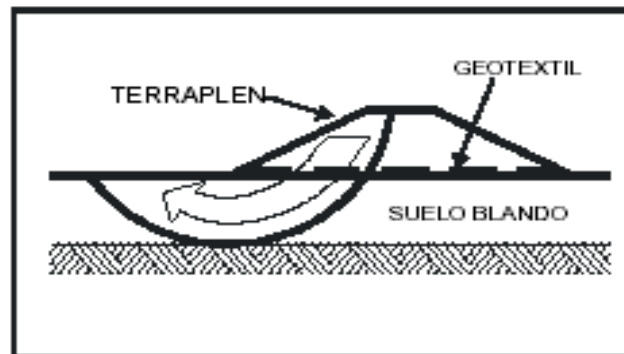


Fuente: Simposio sobre geosintéticos

2.4.2.- REFUERZO:

Los geosintéticos (geotextiles, geomallas y geoceldas) instalados sobre subrasantes inestables, pueden eliminar la necesidad de reemplazar estos suelos, incrementando la capacidad de carga del sistema, debido a una mejor distribución de esfuerzos. Cuando se instalan dentro de las capas de base o subbase, los geosintéticos pueden ayudar a reducir los asentamientos asociados con la dispersión lateral de los materiales de base y subbase. Las características principales que deben considerarse para esta función son la interacción entre geosintético-suelo, resistencia al daño mecánico, módulo de rigidez tensional y resistencia tensional.

Fig. 2-17 FUNCIÓN DE REFORZAMIENTO



Fuente: Simposio sobre geosintéticos

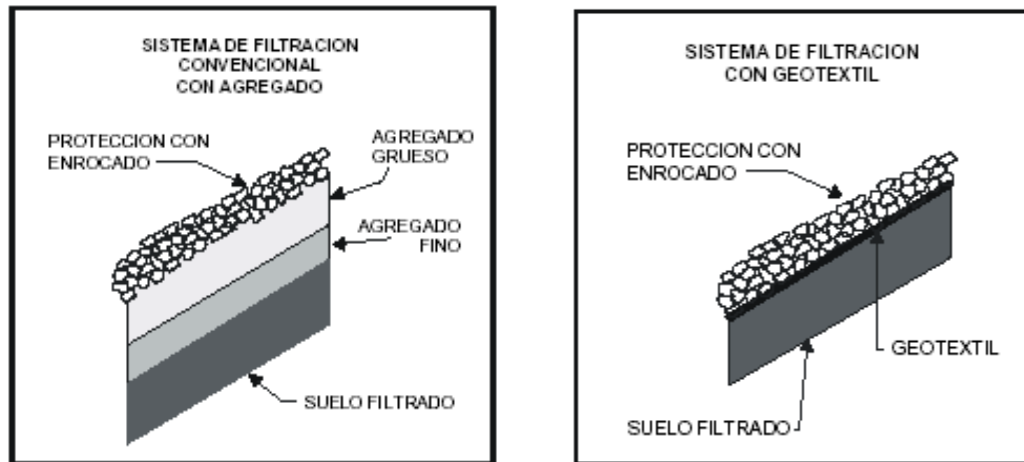
Como se muestra en la figura anterior, en un dique reforzado con geosintético construido sobre un suelo blando, las capas de geosintéticos son colocadas a través de los planos rotacionales de fallo potenciales para ser soportadas las fuerzas de tensión que no pueden ser por una masa del suelo sin reforzar.

2.4.3.- FILTRACIÓN

El flujo de agua de la subrasante hacia las capas granulares superiores puede transportar los finos de la misma. Esto puede ocurrir debido al incremento en los niveles de esfuerzos en la subrasante debido al tráfico. En este caso, un geotextil puede actuar como un filtro, permitiendo el paso libre del agua al mismo tiempo que retiene las partículas sólidas de la subrasante. Para cumplir este rol, el geotextil debe

tener propiedades de retención y permeabilidad adecuadas y ser resistente a la colmatación (reducción de permeabilidad debido a la acumulación de finos).

Fig. 2-18 FUNCION DE FILTRACIÓN



Fuente: Simposio sobre geosintéticos

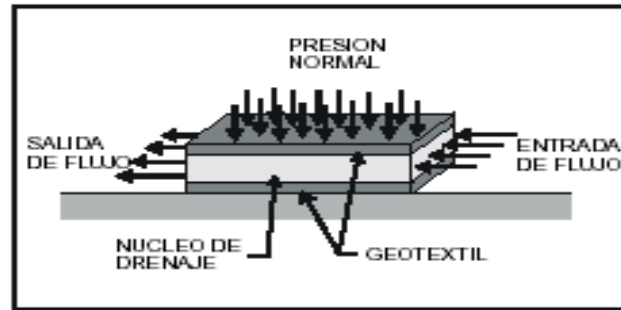
La función de filtración tiene dos objetivos concurrentes. Estos son el retener las partículas del suelo filtrado mientras permite el paso del agua a través del plano del geosintético proveniente del suelo filtrado. Estas dos funciones paralelas son la clave para el diseño de filtración.

En ambas funciones, filtración y separación, el agua pasa a través del geosintético.

A este respecto, ocasionalmente se crea cierta confusión entre las funciones de separación y filtración.

2.4.4.- TRANSMISIÓN

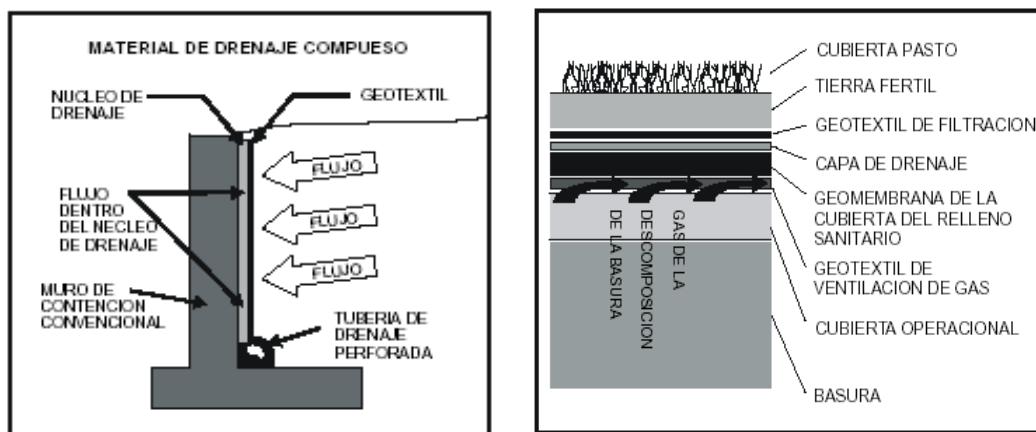
En la función de transmisión, los líquidos o gases son transportados (o transmitidos) dentro del plano del geosintético. Esto es diferente a la función de filtración que involucra el flujo a través del plano del geosintético. Esta función es comúnmente asociada con compuestos geosintéticos particularmente aquellos que incorporan una red de drenaje o un núcleo permeable unido en uno a ambos lados a un geosintético

Fig. 2-19 FUNCIÓN DE TRANSMISIÓN

Fuente: Simposio sobre geosintéticos

El fluido entra al compuesto a través del geosintético y es llevado en los canales del núcleo a un punto deseado en la aplicación. Como se muestra en la Fig. 2-19, un compuesto de geosintético/núcleo de drenaje puede proveer un drenaje adyacente a la superficie de un muro de contención.

Un geosintético por si solo puede también ser usado en la función de transmisión. Un ejemplo es el uso de un geosintético para proveer un medio de transmisión y captura del gas metano debajo de una geomembrana en la tapa de un relleno sanitario como se muestra en la Fig. 2-20.

Fig. 2-20 FUNCIÓN DE TRANSMISIÓN

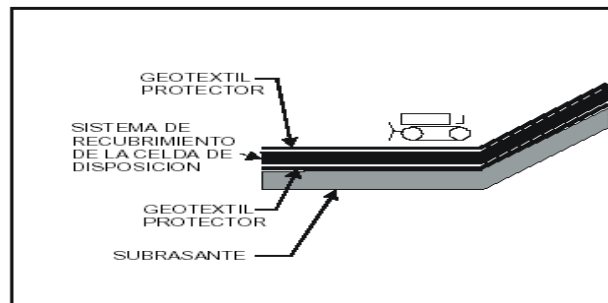
Fuente: Simposio sobre geosintéticos

2.4.5.- PROTECCIÓN

La función de protección se refiere al uso de un geosintético para proteger otro componente dentro de una aplicación completa.

La función de protección típicamente se refiere al uso de un geotextil para proteger una geomembrana de ser dañada por partículas de rocas, escombros u otros materiales. Esta función es comúnmente usada en las aplicaciones de rellenos sanitarios.

Fig.2-21 FUNCIÓN DE PROTECCIÓN

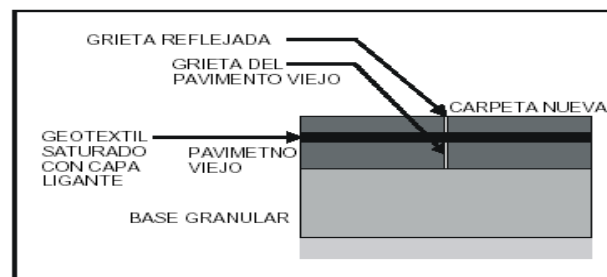


Fuente: Simposio sobre geosintéticos

2.4.6.- BARRERA IMPERMEABLE:

Los geosintéticos actúan como una barrera impermeable para fluidos entre las capas de los pavimentos y/o encapsulación de suelos expansivos entre otros. Por ejemplo, geomembranas, películas finas de geotextil y geotextiles impregnados con asfalto, elastómeros u otro tipo de mezclas poliméricas son usados como barreras que impiden el flujo de líquidos.

Fig. 2-22 FUNCIÓN DE BARRERA



Fuente: Simposio sobre geosintéticos

En esta aplicación, el geotextil es saturado con un material basado en asfalto (capa ligante) y el nuevo pavimento es colocado directamente sobre el geotextil. La combinación de capa ligante/geotextil previene el movimiento de agua de la superficie de la carpeta hacia las capas la subrasante. El agua dentro de la sección de pavimento reduce el desempeño del camino. Usando un geotextil en esta aplicación se incrementa la vida de diseño del camino.

Fuente: Simposio Nacional de Geotextil, los Goetextiles en la Infraestructura de las Obras Publicas, Madrid España 1989.

2.5.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GEOSINTÉTICOS

La determinación de las propiedades físicas de los geosintéticos tiene como objetivo principal la caracterización del producto y su control de calidad. Las más importantes son: gramaje (masa por unidad de superficie), espesor y porosidad. Los ensayos para la determinación de estas propiedades han sido normalizados en varios países y propuestas de normas internacionales.

Debido a la heterogeneidad inherente al proceso de fabricación de los geosintéticos, los resultados de los ensayos, generalmente indican el valor medio obtenido y el coeficiente de variación observado.

Las características físico - mecánicas determinan el campo de aplicación de los geosintéticos.

- GRAMAJE (MASA POR UNIDAD DE SUPERFICIE)

El gramaje es uno de los parámetros más utilizados para la identificación de los geosintéticos no tejidos. Él es definido como la masa por unidad de área y se expresa en gramos por metro cuadrado (g/m^2). Permite un control simple y sencillo del geosintético, no debe, sin embargo, considerarse como el único control para su identificación. Las varias normas existentes se basan en el pesaje de cuerpos de prueba de áreas definidas (generalmente 100cm^2).

-ESPESOR

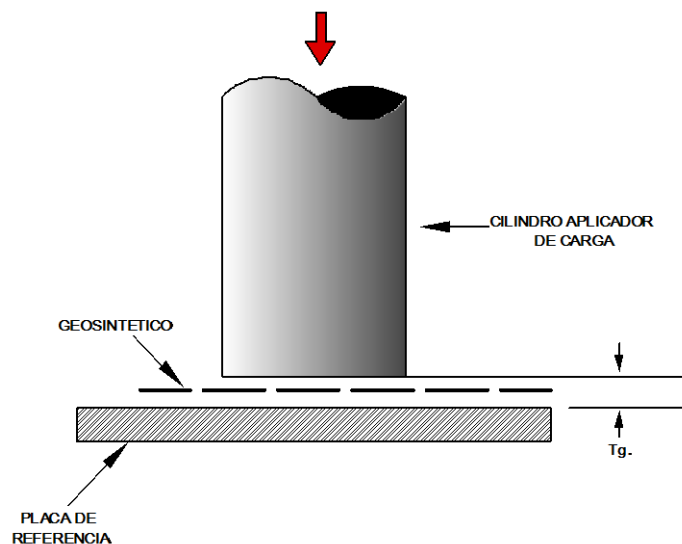
El espesor de un geotextil está influenciado por su tipo y la presión aplicada sobre él. Según el procedimiento de fabricación, los geotextiles pueden ser más o menos compresibles perpendicularmente a su plano, lo que va a influir fundamentalmente en sus características hidráulicas y mecánicas.

Como el espesor del geosintético varía en función de la carga a que el mismo es sometido, su determinación se hace sobre ciertos niveles de carga preestablecidos. Estos niveles son generalmente: 2, 20, 200 kN/ m².

- ✓ Sobrecarga de 2kPa para medida de identificación.
- ✓ Sobrecarga de 20kPa y/o
- ✓ 200kPa para aproximarse a las condiciones de empleo

Se denomina "espesor nominal" al valor obtenido para una sobrecarga de 2kPa. El ensayo consiste básicamente en medir la distancia entre dos superficies rígidas paralelas que comprimen la muestra del geotextil a una presión dada. La Fig. 2-23 representa el esquema del ensayo.

Fig. 2-23 ESQUEMA DEL ENSAYO DE ESPESOR



Fuente: Manual de geosintéticos

- POROSIDAD

La porosidad es una característica importante de los geotextiles no tejidos. Ella es definida como la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total de la muestra, se obtiene a través de la expresión:

$$n_g = \frac{V_v}{V} = 1 - \frac{Y}{Y_f} = 1 - \frac{\mu}{T_g * \rho_f * \gamma_a}$$

Dónde:

V_v = Volumen de vacíos del geotextil

V = Volumen total del geotextil

T_g = Espesor del geotextil

γ = Peso específico total del geotextil

γ_f = Peso específico de la fibra (densidad de la fibra multiplicada por el peso específico del agua)

μ = Gramaje del geotextil

ρ = Densidad de la fibra

γ_a = Peso específico del agua a 4°C

2.6.- PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONJUNTO SUELO-GEOSINTÉTICO

Los ensayos realizados para estudiar el comportamiento mecánico del sistema suelo-geosintético buscan simular las situaciones reales del campo y cuantificar parámetros para la utilización directa en proyectos. Se encuentran actualmente en investigación en varios países no estando todavía normalizados.

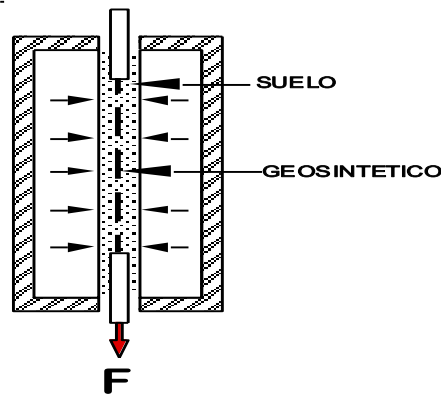
- RESISTENCIA A LA TRACCIÓN CONFINADA

Este ensayo es de fundamental importancia principalmente en los casos donde el geosintético trabaja como "armadura" del suelo.

Proporciona parámetros más precisos para el proyecto, pues generalmente la resistencia a la tracción confinada es mayor que a la no confinada, lo mismo ocurre con el módulo de rigidez, particularmente en el caso de los no tejidos.

Este ensayo permite también detectar problemas tales como los rasgados provocados por los materiales muy angulares.

Fig.2-24ESQUEMA DEL EQUIPO PARA EL ENSAYO DE TRACCIÓN CONFINADA

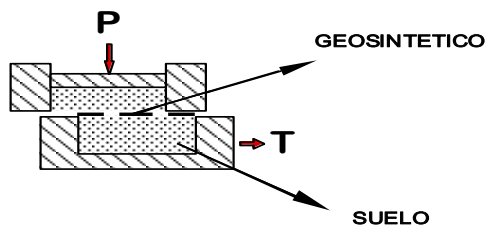


Fuente: Manual de geosintéticos

- RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DIRECTO

El geosintético puede estar sometido al cizallamiento directo cuando se encuentra inmerso en una masa del suelo, o separando dos tipos de materiales diferentes. En este último caso es interesante considerar cual es el material que estaría sufriendo dislocamiento.

Fig.2-25ESQUEMA DE EQUIPO PARA ENSAYO DE CIZALLAMIENTO DIRECTO



Para simular las diversas condiciones de solicitaciones tenemos a continuación:

- **Suelo -geosintético – suelo**

-Considera la posibilidad de tener el mismo suelo en las capas inferior y superior, o dos tipos de suelo diferentes.

- **Suelo -geosintético- base rígida**

-**Base Lisa:** El geotextil es retenido y se apoya sobre una base lisa indeformable, simulando situaciones donde la fricción entre el geotextil y el material de la base sería despreciable.

-**Base rugosa o pegada:** La base rugosa puede ser el propio material de contacto (madera, concreto, etc.), o el geotextil puede ser colocado en la base, simulando situación de total adherencia.

Fig. 2-26

REVESTIMIENTO DE TALUDES

CANALES - BARRANCOS

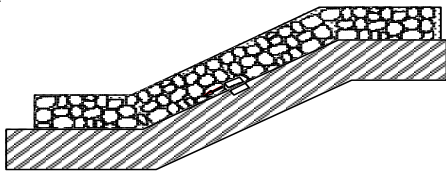


Fig. 2-27

REVESTIMIENTO

DE CARRETERAS

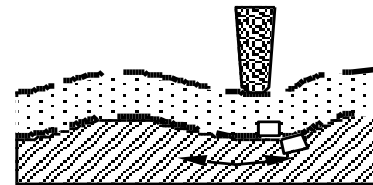


Fig. 2-28 RELLENOS –
SUPERFICIE DERUPTURA SOBRE
EL GEOSINTÉTICO

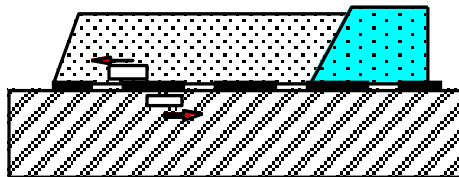
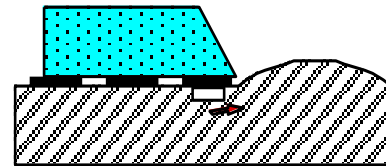


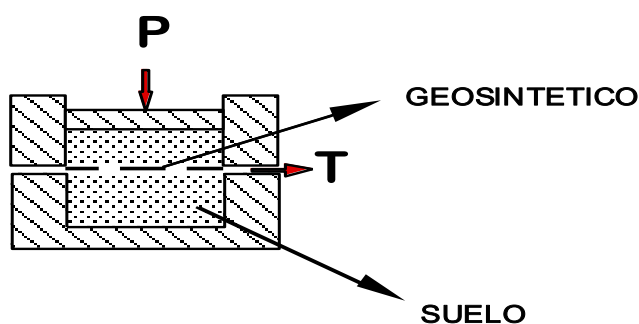
Fig. 2-29 RELLENOS
RUPTURADE LA FUNDACIÓN



- RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO

Generalmente usado para estudiar el comportamiento del geosintético en la sección de estancamiento o anclaje. El sistema puede ser el mismo que el utilizado para la tracción, confinada; pero en este caso el geosintético tiene su extremidad posterior libre.

Fig. 2-30 ESQUEMA DEL EQUIPO PARA EL ENSAYO AL ARRANCAMIENTO



A continuación se muestra las situaciones prácticas donde el geosintético queda sometido al arrancamiento.

Fig. 2-31

**GEOSINTETICO SOMETIDO AL
ARRANCAMIENTO (MUROS)**

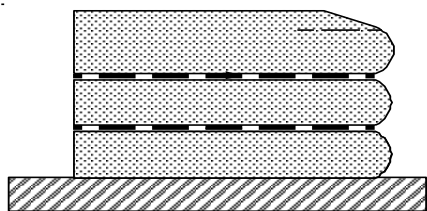
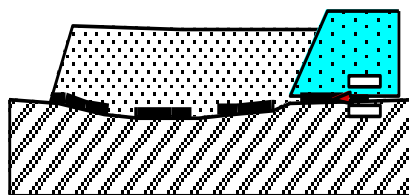


Fig. 2-32

**GEOSINTÉTICO SOMETIDO AL
ARRANCAMIENTO (TERRAPLEN)**



Fuente: Simposio sobre geosintéticos

2.7.- PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS GEOSINTÉTICOS

- RESISTENCIA A LA PROPAGACIÓN DEL RASGADO O DESGARRO

La resistencia al desgarre indica la fuerza que opone un geosintético a la propagación de una rotura local producida accidentalmente en él. Se mide en sentido paralelo a la fabricación y perpendicularmente a éste.

La tensión de rotura y el alargamiento en la rotura tienen, una importancia primordial cuando el geosintético va a realizar un papel de armadura.

En esencia el procedimiento operativo consiste en colocar una probeta entre las mordazas de la máquina de ensayo a tracción, fijándola adecuadamente en toda su anchura y someterla a un esfuerzo longitudinal con velocidad de deformación constante hasta producir su rotura.

Como el geosintético puede ser accidentalmente perforado en la obra, es interesante que él imponga una cierta resistencia a la propagación de los danos casualmente ocurridos, de ahí el sentido de hacer el ensayo midiendo la fuerza para que, junto a una incisión previamente ejecutada, surja un proceso de ruptura, en la actualidad se tiene un ensayo donde la muestra tiene forma trapezoidal, este es el mas empleado para los geosintéticos.

Mediante este ensayo se determina en los sentidos de fabricación y perpendicular a este: la carga de rotura y el alargamiento de rotura, así como la carga máxima y alargamiento para la carga máxima.

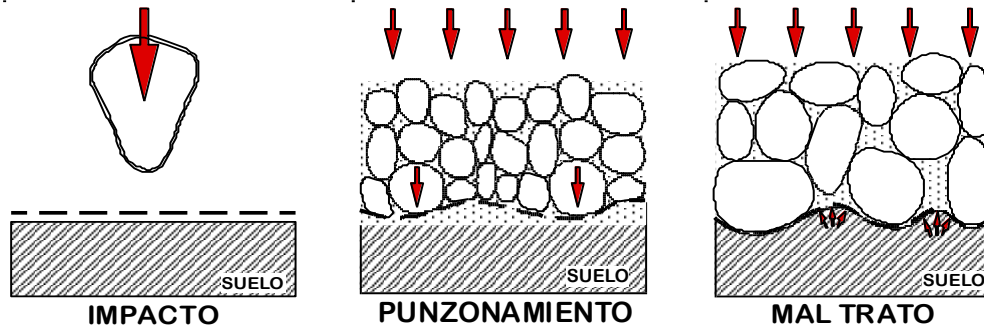
Deformación para la carga de rotura.— La deformación experimentada por la probeta entre el punto de partida (Punto A en la Fig. 2-33) y el correspondiente a carga de rotura (Punto G en la Fig. 2-33)

Carga de rotura. Fuerza de tracción para la cual rompe la probeta (Punto G en la Fig.2-33)

Carga máxima.— La fuerza máxima de tracción alcanzada durante el ensayo (Punto E

-**Por maltrato:** penetración de la manta presionada a través de un espacio vacío.

Fig. 2-34 EJEMPLOS DE SITUACIONES DE PERFORACIÓN

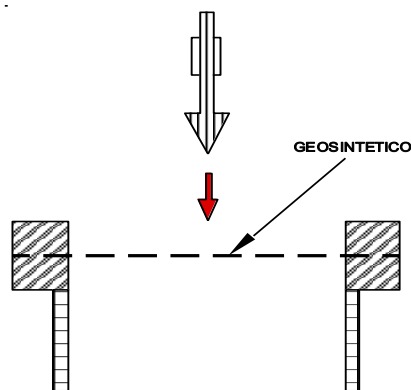


Fuente: Simposio sobre geosintéticos

- **RESISTENCIA A LA PERFORACIÓN POR IMPACTO.**

Los ensayos realizados para estudiar la resistencia de un geosintético a la perforación por impacto de un objeto puntiagudo, consiste básicamente en la medida del diámetro del agujero, o de la energía necesaria de la perforación de un cono o pirámide, en caída libre sobre una manta fijada sobre un cilindro vacío o presionado por agua o suelo.

Fig. 2-35 ESQUEMA DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PERFORACIÓN



Fuente: Simposio sobre geosintéticos

- **RESISTENCIA A LA PERFORACIÓN POR PUNZONAMIENTO**

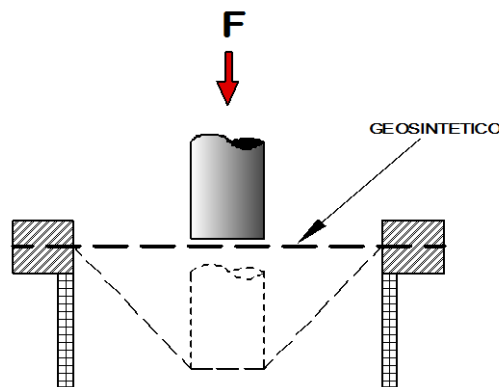
La resistencia a la perforación por punzonamiento mide el comportamiento de un geotextil bajo una carga estática, como sucede por ejemplo, al compactar el material de relleno. Se determina la carga de ruptura por punzonamiento mediante un émbolo aplicado a una prensa.

Este ensayo tiene por objeto conocer el comportamiento del geosintético sobre el efecto de una carga concentrada aplicada en la dirección normal a la manta. Consiste en la penetración, a velocidad constante, de un punzón sobre el geosintético firmemente fijado en el tipo de un cilindro estandarizado.

La dimensión y la forma del punzón son de fundamental importancia, pues pueden simular la penetración de un objeto puntiagudo o redondeado, dos situaciones bastante comunes en la geotecnia, que podríamos presentar, en función del tipo de geosintéticos valores de resistencia considerablemente diferentes.

Como los ensayos normalmente realizados no consideran el efecto del suelo, sus resultados solo pueden ser utilizados indirectamente.

Fig. 2-36 ESQUEMA DEL ENSAYO DE PUNZONAMIENTO



Fuente: Simposio sobre geosintéticos

Para la realización de este ensayo, casi todas las normas recurren al empleo de un molde CBR modificado. En el ensayo se describe un método para la determinación de la resistencia al punzonamiento mediante la medida de la fuerza necesaria para llegar a

perforar un geosintético por medio de un émbolo o pistón de cabeza plana. Se puede aplicar a la mayoría de los geosintéticos, pero no a los materiales con aberturas superiores a 10mm.

- **RESISTENCIA A LA PERFORACIÓN POR MAL TRATO**

La determinación del maltrato debe estimar el comportamiento del geosintético cuando está sometido a una presión distribuida sobre parte de su superficie, suponiendo total libertad de deformación. El ensayo permite obtener datos cualitativos para la evaluación del comportamiento de los geosintéticos, que podrían penetrar en los vacíos de un dren o balasto ferroviario, por ejemplo, empujados por un suelo fino saturado, o para protección de otro geosintético.

-FLEXIBILIDAD

En algunas obras geotécnicas como por ejemplo en la ejecución de taludes, suelos reforzados, drenes profundos, entre otros es importante conocer la flexibilidad de un geosintético. Este parámetro permite también evaluar la capacidad de acomodación, entre el geosintético y el suelo. Una buena capacidad de acomodación aumenta la fricción del geotextil con material envolvente y mejora su desempeño como elemento filtrante o separador.

- ISOTROPÍA

Los geosintéticos presentan isotropía cuando poseen las mismas propiedades mecánicas en todas las direcciones.

2.8.- PROPIEDADES HIDRÁULICAS

Las propiedades hidráulicas tienen una importancia fundamental, cuando el geosintético va a realizar una función de filtro o de drenaje.

En general todos los métodos de ensayo se basan en la ley de Darcy (régimen laminar) y se refieren tanto a la permeabilidad normal al plano (permitividad) como a permeabilidad en el plano (transmisibilidad).

Para la adecuada utilización de geosintéticos en las funciones de separador, filtro o

dren, es necesario conocer sus propiedades hidráulicas, definidas por la:

- Permeabilidad normal a la manta –permitividad
- Permeabilidad en el plano de la manta – transmisibilidad
- Porometría - abertura de filtración.

La compresibilidad de los geosintéticos hace que su permeabilidad sea función de la tensión normal a que ellas están sometidas. Los resultados de ensayo deben, por lo tanto, indicar la presión actuante sobre el geosintético durante su realización. Se puede adoptar como "permeabilidad nominal" el valor obtenido sobre tensión de 2kPa o sea, para la condición de espesor nominal.

- PERMEABILIDAD NORMAL AL PLANO DEL GEOSINTÉTICO – PERMITIVIDAD

Cuando el geosintético trabaja como un elemento de filtro es necesario conocer su permeabilidad en la dirección normal al plano de la manta.

La permeabilidad normal al plano de un geosintético se mide en un permeámetro con determinadas características, agua desmineralizada y sin aire.

Mediante este ensayo se mide la permitividad, que es la razón entre la permeabilidad normal (coeficiente de Darcy K_0) y el espesor del geosintético.

Para su determinación se mide el caudal de agua que puede circular perpendicularmente al plano del geosintético.

- PERMEABILIDAD HORIZONTAL EN EL PLANO DEL GEOSINTÉTICO – TRANSMISIBILIDAD

La permeabilidad en el plano de un geosintético está medida, igualmente, mediante un permeámetro con agua desmineralizada y sin aire. Se realiza en las mismas condiciones que el caso de la permeabilidad normal, obteniéndose la transmisibilidad (θ).

La transmisibilidad es el producto de la permeabilidad en el plano por el espesor del

geosintético, y sin aire. Representa el caudal de agua que circula sobre el plano del geosintético.

La transmisibilidad resulta apreciable en los geosintéticos de gran espesor.

La permeabilidad transversal de un geosintético indica la capacidad que la manta posee de conducir agua en su propio plano. Es una característica de los geosintéticos no tejidos agujeteados y una propiedad importante a analizar siempre que hubiera interés en la consideración de drenaje a través del geosintético.

- ABERTURA DE FILTRACIÓN - POROMETRÍA (DIÁMETRO EFICAZ DE LOS POROS)

Es de fundamental importancia en el estado de capacidad de retención de los geosintéticos cuando son utilizados como filtros, separadores o drenes. Esta propiedad es la que causa mayor polémica internacionalmente, no llegándose hasta el momento a una metodología definida de ensayo consensuada.

Todos los métodos para la determinación de esta propiedad lo hacen mediante un tamizado, usando el geosintético a ensayar como base del tamiz.

La abertura de los poros, igual que la dimensión de las mallas de un geosintético, fijan el diámetro de las partículas del suelo que pueden ser retenidas por él, y que son de hecho determinadas para su eficacia como filtro.

La porometría del geosintético es la medida de las dimensiones de sus poros. La abertura de filtración puede ser considerada como la mayor abertura (poro) del geosintético, correspondiendo esta al tamaño de la mayor partícula que atraviesa el mismo en las condiciones específicas del ensayo.

En el ensayo se calcula el diámetro medio como el tamaño de las partículas, para el cual un determinado % de la fracción es retenida en el geosintético.

2.9.- PROPIEDADES DE DURABILIDAD

Es la propiedad con la cual el material mantiene sus características con el paso del tiempo.

Los geosintéticos están sujetos a muchas formas de degradación como: las mecánicas (abrasión, fatiga, fluencia, desgarró), ataques químicos (ácidos, bases, disolventes orgánicos), ataques hidráulicos (colmatación y humedad). El ataque biológico puede ser visto como un ataque químico, ya que los microorganismos pueden atacar al geosintético en la misma forma que un proceso químico. Similarmente, el ataque fotoquímico y por radiación, a pesar de iniciarse por la luz, al final se produce la degradación de la estructura del polímero del geosintético.

Se han publicado muchas tablas con la resistencia, de los polímeros puros, a diversos ataques. Así, el poliéster presenta una gran resistencia al ataque por la luz ultra violeta, mientras que las poliolefinas sin estabilizar tienen poca resistencia a esta. De la misma forma que la resistencia a la corrosión del acero puede ir aumentando por la adición de níquel y cromo para conseguir acero inoxidable, la resistencia a la luz ultravioleta, de las poliolefinas puede ser mejorada por la adición de humo y otros estabilizadores.

En la ingeniería, además de conocer el comportamiento o las propiedades de un material, necesarios para el dimensionamiento de la obra, es preciso verificar la mantención de estas propiedades durante su proceso de utilización.

Los ensayos que estudian el comportamiento en función del tiempo vienen siendo llamados de ensayos de durabilidad y se dividen en dos grupos básicos:

-Estudio de variación en el tiempo de las características del geosintético sobre el efecto de las condiciones de carga o flujo, impuestas o previstas en el proyecto, tales son los ensayos de fluencia, relajación, resistencia a la abrasión, fatiga, colmatación, pérdida de partículas.

-Estudio de variación en el tiempo de las características del geosintético a consecuencia de los ataques del medio ambiente tales como: el efecto de la temperatura, estabilidad ante los rayos ultra violetas, resistencia a los ataques químicos y biológicos.

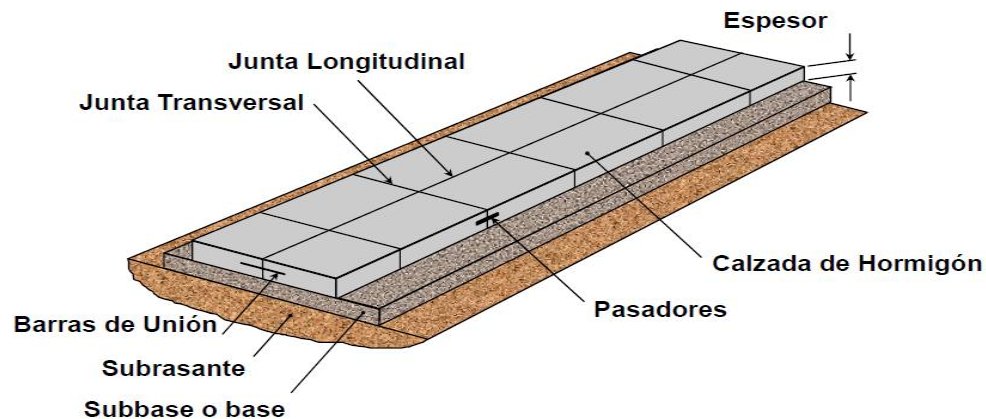
Fuente: Simposio Sobre Geosintético Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.

FISURAMIENTO Y APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

3.1.- PAVIMENTOS RÍGIDOS

El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

Fig. 3-1 COMPONENTES PRINCIPALES DEL PAVIMENTO RÍGIDO



Fuente: Construcción de pavimentos rígidos (Ing. Fernando Sánchez)

3.2.- MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE UN PAVIMENTO RÍGIDO

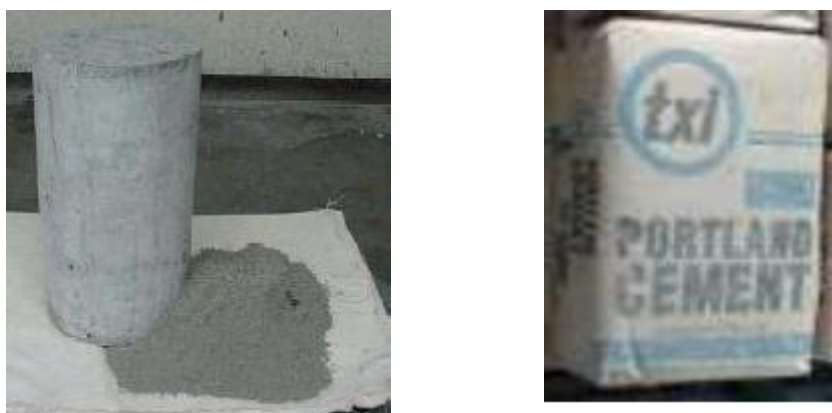
-CEMENTO

El cemento a utilizar para la elaboración del concreto será preferentemente Portland, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NMX - C-414 - 1999 - ONNCCE. Si los documentos del proyecto o una

especificación particular no señalan algo diferente, se emplearán los denominados CPO (Cemento Portland Ordinario) y CPP (Cemento Portland Pozolánico) dependiendo del caso y con sub - clasificaciones 30R, 40 y 40R. Estos cementos corresponden principalmente a los que anteriormente se denominaban como Tipo I y Tipo IP.

El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura. La capacidad mínima de almacenamiento deberá ser la suficiente para el consumo de un día o una jornada de producción normal. Todo cemento que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos o tres (3) en silos, deberá ser examinado por el Supervisor del proyecto, para verificar si aún es susceptible de utilización.

Fig. 3-2 CEMENTO PORTLAND



Fuente: Construcción de pavimentos rígidos (Ing. Fernando Sánchez)

-AGUA.

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá cumplir con la norma NMX-C-122, debe ser potable con un pH entre 6.0 y 9.2, y por lo tanto, estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites, grasas, materia orgánica, etc. En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano. Así mismo, no deberá contener cantidades mayores de las sustancias químicas que las que se indican en la siguiente tabla, en partes por millón:

Tabla 3-1

**ESPECIFICACIONES - MATERIALES - SUSTANCIAS PERJUDICIALES
EN EL AGUA**

Sustancias perjudiciales	Ppm Máximo
Sulfatos (convertidos a Na_2SO_4)	1,000
Cloruros (convertidos a NaCl)	1,000
Materia orgánica (óxido consumido en medio ácido)	50
Turbiedad y/o lignito	1,500

Referencia: CEMEX

- ✓ El pH, medido según norma ASTM D -1293, no podrá ser inferior a cinco (5).
- ✓ El contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4=$, no podrá ser mayor de un gramo por litro (1g/l). Su determinación se hará de acuerdo con la norma ASTM D-516.
- ✓ Su contenido de ión cloro, determinado según norma ASTM D-512, no podrá exceder de seis gramos por litro (6 g/l).

Fig. 3-3 AGUA



Fuente: Construcción de pavimentos rígidos (Ing. Fernando Sánchez)

- MATERIALES PÉTREOS.

Estos materiales se sujetarán al tratamiento o tratamientos necesarios para cumplir con los requisitos de calidad que se indican en cada caso, debiendo el contratista

prever las características en el almacén y los tratamientos necesarios para su ulterior utilización. El manejo y/o almacenamiento subsecuente de los agregados, deberá hacerse de tal manera que se eviten segregaciones o contaminaciones con sustancias u otros materiales perjudiciales y de que se mantenga una condición de humedad uniforme, antes de ser utilizados en la mezcla.

- **GRAVA**

Los agregados gruesos o grava, provienen de materiales extraídos de rocas calizas, triturados o procesados con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros, resistencia superior a la resistencia del concreto señalada en el proyecto, y con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

Tabla 3-2

ESPECIFICACIONES – MATERIALES – GRANULOMETRÍA DE LA GRAVA

MALLA		% QUE PASA
2"	50.00 mm	100
1 ½"	37.50 mm	95 - 100
¾"	19.00 mm	35 - 70
3/8"	9.50 mm	10 - 30
Número 4	4.75 mm	0 - 5

Referencia: CEMEX

El contenido de sustancias perjudiciales en el agregado grueso no deberá exceder los porcentajes máximos que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 3-3

ESPECIFICACIONES – MATERIALES – SUSTANCIA PERJUDICIALES EN GRAVA

Sustancias perjudiciales	%
Partículas deleznales	0.25
Partículas Suaves	5.00
Pedernal como impureza	1.00
Carbón mineral y/o lignito	1.00

Referencia: CEMEX

El agregado grueso además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- ✓ Desgaste “Los Ángeles” 40% máximo
- ✓ Intemperismo Acelerado 12% máximo (utilizando sulfato de sodio)

Fig. 3-4GRAVA



Fuente: Construcción de pavimentos rígidos (Ing. Fernando Sánchez)

- **ARENA**

El agregado fino o arena deberá tener un tamaño máximo de nueve punto cincuenta y un milímetro (9.51 mm) con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

Tabla 3-4

ESPECIFICACIONES – MATERIALES – GRANULOMETRÍA DE LA ARENA

MALLA		% QUE PASA
3/8"	9.50 mm	100
Número 4	4.75 mm	95 - 100
Número 8	2.36 mm	80 - 100
Número 16	1.18 mm	50 - 85
Número 30	600 µm	25 - 60
Número 50	300 µm	10 - 30
Número 100	150 µm	2 - 10
Número 200	75 µm	4 máximo

Referencia: CEMEX

Fig. 3-5 ARENA

Fuente: Construcción de pavimentos rígidos (Ing. Fernando Sánchez)

La arena no deberá tener un retenido mayor de cuarenta y cinco por ciento (45%), entre dos (2) mallas consecutivas; además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- ✓ Equivalente de arena** 80% máximo
- ✓ Módulo de finura 2.30 mínimo y 3.10 máximo
- ✓ Intemperismo Acelerado 10% máximo (Empleando sul. sodio)

** Al ser modificado el porcentaje de material que pasa la malla #200 según los límites de consistencia el equivalente de arena también debe de ser modificado.

El contenido de sustancias perjudiciales en la arena, no deberá exceder los porcentajes máximos siguientes:

Tabla 3-5

**ESPECIFICACIONES – MATERIALES – SUSTANCIAS PERJUDICIALES
EN LA ARENA**

Sustancias perjudiciales	% Máximo
Partículas deleznales	1.00
Carbón mineral y/o lignito	1.00

Referencia: CEMEX

- CONCRETO

El diseño de la mezcla, utilizando los agregados provenientes de los bancos ya tratados, será responsabilidad del productor de concreto quien tiene la obligación de obtener la resistencia y todas las demás características para el concreto fresco y endurecido, así como las características adecuadas para lograr los acabados del pavimento.

Para verificar la resistencia se realizarán ensayos de tensión por flexión ($S'c$) o Módulo de Ruptura (MR), a moldes donde el concreto tome la forma de una vigade (15 x 15 x 50) centímetros), este ensayo se realizará a los 3, 7 y 28 días aplicando cargas dinámicas en los tercios del claro.

El concreto deberá de ser uniformemente plástico, cohesivo y manejable. Además que pueda ser colocado sin que se produzcan demasiados vacíos en su interior y en la superficie del pavimento, así como el que no presente una apariencia pastosa. Cuando aparezca agua en la superficie del concreto en cantidades excesivas después del acabado se deberá efectuar inmediatamente una corrección por medio de una o más de las siguientes medidas:

- Rediseño de la mezcla
- Adición de relleno mineral o de agregados finos
- Incremento del contenido de cemento
- Uso de un aditivo inclusor de aire o equivalente, previamente aprobado.

- MEMBRANA DE CURADO.

Para el curado de la superficie del concreto recién colada deberá emplearse una Membrana de Curado de emulsión en agua y base parafina de color claro, el que deberá cumplir con los requisitos de calidad que se describen en la normas ASTM C171, ASTM C309, Tipo 2, Clase A, AASHTO M 148, Tipo 2, Clase A, FAA Ítem P-610-2.10. Este tipo de membranas evitan que se tapen las esperas de los equipos de rociado. Deberá aplicarse apropiadamente para proveer un sello impermeable que

optimiza la retención del agua de la mezcla. El pigmento blanco refleja los rayos solares ayudando a mantener la superficie más fresca y prevenir la acumulación de calor.

- ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo necesario para la construcción del pavimento se utiliza en las juntas, ya sea como pasadores de cortante ó pasajuntas o como barras de amarre para mantener los cuerpos del pavimento unidos.

- **BARRAS DE AMARRE**

En las juntas que muestre el proyecto y/o en los sitios que indique el Especificador del proyecto, se colocarán barras de amarre con el propósito de evitar el corrimiento o desplazamiento de las losas en el sentido perpendicular al de circulación. Las barras de amarre serán de varilla corrugada, de acero estructural, con límite de fluencia (f_y) de cuatro mil doscientos kilogramos por centímetro cuadrado (4,200 kg/cm²), debiendo quedar ahogadas en las losas, con las dimensiones y en la posición indicada en el proyecto. Estas barras siempre deberán estar colocadas a la mitad del espesor del pavimento.

- **BARRAS PASAJUNTAS.**

En las juntas transversales de contracción, en las juntas de construcción, en las juntas de emergencia y/o en los sitios que indique el Supervisor del proyecto se colocarán barraspasajuntas como mecanismos para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero redondo liso y deberán quedar ahogadas en las losas en la posición y con las dimensiones indicadas por el proyecto. Estas barras deberán estar perfectamente alineadas con el sentido longitudinal del pavimento y con su plano horizontal, colocándose a la mitad del espesor de la losa. Ambos extremos de las pasajuntas deberán ser lisos y estar libres de rebabas cortantes. El acero deberá cumplir con la norma ASTM A 615 Grado 60 ($f_y=4,200$ kg/cm²), y deberá ser recubierta con asfalto, parafina, grasa o cualquier otro medio

que impida efectivamente la adherencia del acero con el concreto y que sea aprobado por el Especificador del proyecto.

- SELLADOR PARA JUNTAS

El material sellante para las juntas transversales y longitudinales deberá ser elástico, resistente a los efectos de combustibles y aceites automotrices, con propiedades adherentes con el concreto y que permita las dilataciones y contracciones que se presenten en las losas de concreto sin degradarse, debiéndose emplear productos a base de silicona, poliuretano - asfalto o similares, los cuales deberán ser autonivelantes, de un solo componente y solidificarse a temperatura ambiente.

Fuente:CEMEX MÉXICO, S.A. de C.V. 2004 La Revista El Mundo del Cemento.

Especificaciones de materiales pavimentos de concreto.

3.3.- TIPO DE PAVIMENTOS

Los diversos tipos de pavimentos de concreto pueden ser clasificados, en orden de menor a mayor costo inicial, de la siguiente manera:

- ✓ Pavimentos de concreto simple.
 - Sin pasadores.
 - Con pasadores.
- ✓ Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- ✓ Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

3.3.1.- LOSAS DE CONCRETO SIMPLE

• SIN PASADORES

Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas.

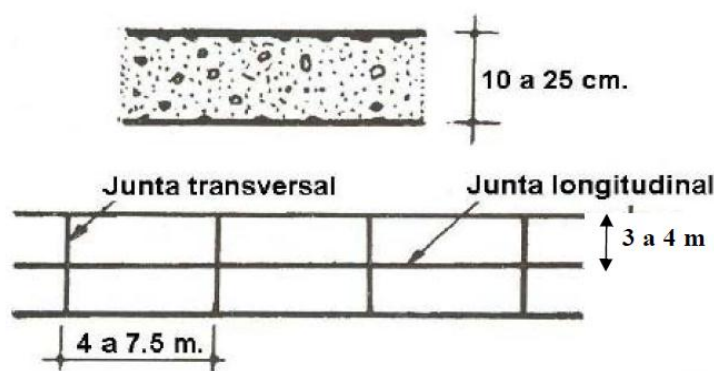
Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3.5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto. Por ejemplo para calles de urbanizaciones residenciales, éstos varían entre 10 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 17 cm.

En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas 20 cm o más.

Este tipo de pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la subrasante.

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

Fig. 3-6 LOSA DE CONCRETO SIMPLE SIN PASADORES



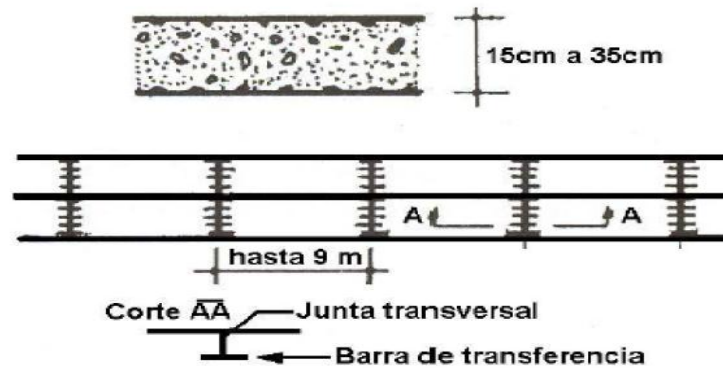
Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

- **CON PASADORES**

Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos).

Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés), este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más.

Fig. 3-7 LOSA DE CONCRETO SIMPLE CON PASADORES

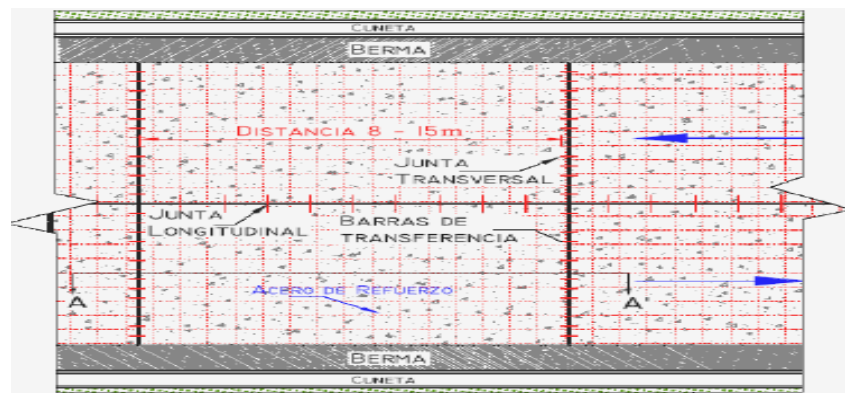


Fuente:Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

3.3.2.- LOSAS DE CONCRETO REFORZADO

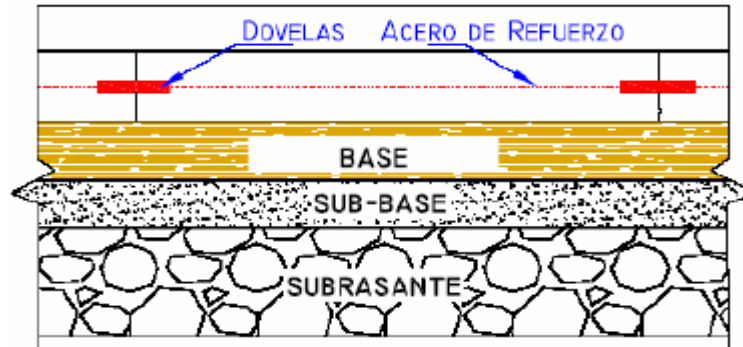
Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural.

Fig. 3-8 LOSAS DE CONCRETO REFORZADO



Fuente: Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos

Fig. 3-9 VISTA EN PERFIL DE LA LOSA DE CONCRETO REFORZADO



Fuente: Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos

A continuación se presentan algunas características de este tipo de pavimento rígido.

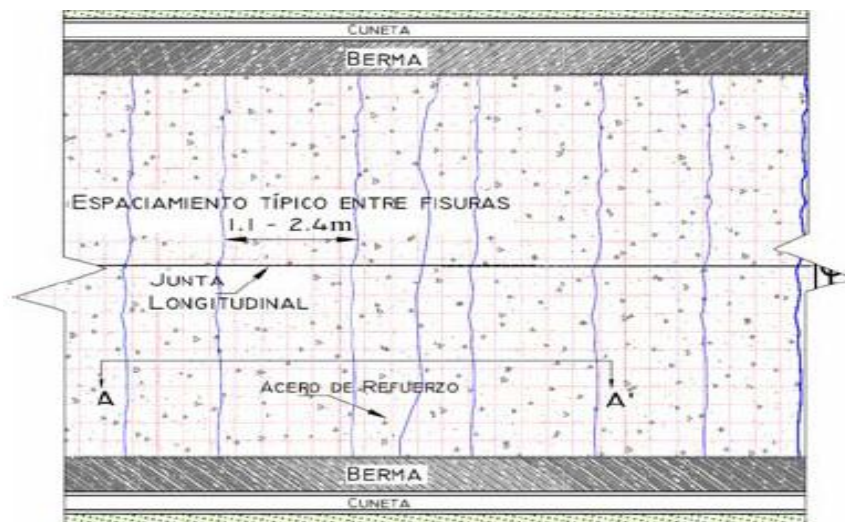
- ✓ El espaciamiento de juntas está entre 7 y 15 m, pero debido a la naturaleza del concreto, las losas pueden fracturarse en la zona central.
- ✓ Para controlar las fisuras se colocan juntas de contracción transversal y acero de refuerzo electro soldado ubicada en el eje neutro de la losa.
- ✓ La transferencia de cargas en este tipo de pavimento se da por medio de dovelas y acero de refuerzo. Las dovelas ayudan en la transferencia de cargas en las juntas transversales.

3.3.3.- LOSAS CONTINUAMENTE REFORZADO

Este sistema no requiere juntas de contracción ya que su diseño guarda similitud con una losa de entrepiso, en este tipo de pavimento las fisuras transversales se consideran normales ya que están asociadas al acero de refuerzo de la losa de concreto, la abertura ha mostrado que la abertura normal para estas fisuras es de aproximadamente 0,5 mm lo que no resulta crítico en relación con la posibilidad de ingreso de agua. Los intervalos típicos de espaciamiento de estas fisuras están entre 1,10 y 2,40 m. El acero de refuerzo en estos pavimentos se encuentra en la parte superior y/o inferior.

Se recomienda trabajar con barras N° 5 (5/8") y N° 6 (3/4").

Fig. 3-10 LOSA CONTINUAMENTE REFORZADO



Fuente: Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos

Fig. 3-11 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS LOSAS CONTINUAMENTE REFORZADO



Fuente: Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos

A continuación se presentan algunas características de este tipo de pavimento rígido.

- ✓ No tiene juntas transversales ni longitudinales.
- ✓ Se utilizan como refuerzo vigas longitudinales en los extremos de los carriles y vigas transversales espaciadas de acuerdo al diseño, así mismo malla electro soldada en las partes superior e inferior de la losa.
- ✓ La transferencia de carga se realiza a través de las vigas longitudinales y transversales.

3.4.- CLASIFICACION DE LAS FISURAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS SEGÚN SU ORIGEN

3.4.1.- FISURACIÓN POR RETRACCIÓN DE FRAGUADO

La contracción por secado del concreto ocurre a muy temprana edad como consecuencia de cambios de temperatura durante los procesos de hidratación y fraguado; las deformaciones que se presentan por la retracción del concreto son dependientes del tiempo y no son provocados por cargas.

Las prácticas de construcción como son la colocación, la compactación y el curado de concreto, son factores importantes para minimizar la magnitud de la retracción.

El curado es un proceso que se debe realizar cuando la mezcla ha empezado a perder su brillo superficial y consiste en curar al concreto con una membrana a una base de agua mediante espesores manuales, aplicado de manera uniforme. Si se tiene un apropiado curado, inmediatamente después del acabado del concreto, se evitara la pérdida del agua impidiendo el secado de la superficie, especialmente en lugares con climas cálidos.

3.4.2.- FISURACIÓN POR FATIGA

El fisuración por fatiga resulta de deformaciones repetidas generadas por esfuerzos de tensión y compresión, producidos por la acción del tránsito pesado, que en conjunto con la ondulación que se presenta debido a los cambios de temperatura, producen daños en la superficie de la losa. Las fisuras se presentan inicialmente en el fondo de la capa, pero al poco tiempo se propagan hacia arriba causando pérdidas de módulo

de resiliencia, conllevando al cambio en la distribución de esfuerzos deformaciones en la losa del pavimento rígido.

El proceso de fisuración por fatiga en los pavimentos rígidos comienza con el rompimiento discontinuo de las losas en forma longitudinal en las huellas de las llantas del tránsito, el paso continuo vehicular aumenta las roturas y se llega a un punto en el cual se unen formando una malla subdividida (piel de cocodrilo).

Las fisuras que se desarrollan por fatiga son en su mayoría longitudinales, transversales y cuando aumentan de tamaño se forman fisuras en bloque.

3.4.3.- FISURACIÓN POR INESTABILIDAD DE LA BANCA

En la estructura del pavimento rígido se cuenta con una base estabilizada, la cual posee una gran rigidez que permite solo transmitir esfuerzos verticales al apoyo. Se pueden presentar inestabilidades cuando estas capas son sometidas a fuerzas de tracción- flexión son suficientemente perjudiciales como para aumentar la capacidad de deformación en la base. La constante repetición de estos de esfuerzos conlleva a la aparición de fisuras longitudinales en toda la superficie de losa de tal forma que si no se detienen a tiempo pueden llegar a ramificarse cuarteando a la superficie del pavimento rígido.

3.4.4.- FISURACIÓN POR GRADIENTES TÉRMICOS

Los gradientes de temperatura y de humedad que ocurren en el interior del pavimento, generalmente después del fraguado del concreto, provocan esfuerzos que favorecen el fisuramiento de la superficie e inducen contracciones diferenciales, traducidos en alabeos, cuando los lados opuestos de una capa posee condiciones ambientales diferentes.

Las variables ambientales incluyen la temperatura, el clima y la hora del día. El alabeo es la curvatura que se presenta hacia arriba o hacia abajo de una capa; en el día, por la exposición de la capa al sol.

El efecto contrario a los alabeos por temperatura, son los alabeos por variaciones de humedad. En este caso el diferencial de humedad desde la parte la parte superior de la

capa hasta el fondo, es la que genera la curvatura y provoca esfuerzos de compresión en la base de la estructura que contrarrestan los esfuerzos de tensión por gradientes térmicos; la situación se da debido a que la superficie de la capa se encuentra más seca que el fondo. Se entiende entonces, que una disminución en el contenido de humedad provoca una contracción, mientras que un incremento provoca una expansión.

Fuente: Tesis "Capas Anti-reflejos de fisuras en Pavimentos" Escuela de Ingeniería Civil Bucaramanga 2008.

3.5.- TIPOS DE FISURACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

La acción combinada del tránsito y del clima lleva a los pavimentos rígidos, tarde o temprano, a fisurarse indefectiblemente.

Una vez que se produce la fisura, la misma se propaga y aumenta en extensión, severidad e intensidad, llevando eventualmente, a la disgregación de la losa de concreto. Por medio de esos efectos, la velocidad de deterioro del pavimento es usualmente acelerada después del inicio de la fisuración, con efectos particularmente importantes en la progresión de los ahuellamientos.

La solución tradicional de rehabilitación es la aplicación de una nueva capa de concreto asfáltico superpuesta al pavimento fisurado, siendo de carácter temporario debido a la propagación de las fisuras de capas antiguas sobre las nuevas.

3.5.1.-FISURACIÓN POR RETRACCIÓN O TIPO MALLA (FR)

Fisuras limitadas solo a la superficie del pavimento. Frecuentemente, las grietas de mayores dimensiones se orientan en sentido longitudinal y se encuentran interconectadas por grietas más finas distribuidas en forma aleatoria.

**Fig. 3-12 FISURACIÓN POR RETRACCIÓN CON NIVEL DE SEVERIDAD
BAJO**



Fuente: Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos

3.5.2.-FISURAS LIGERAS DE APARICIÓN TEMPRANAS (FT)

Fisuras delgadas, que afectan únicamente la superficie de la losa, de longitud de 0,2 m a 1m, la mayoría de las veces adquieren tendencia a ser paralelas entre si y eventualmente con 45° de orientación con respecto al eje de la vía.

Fig. 3-13 FISURACIÓN POR APARICIÓN TEMPRANA

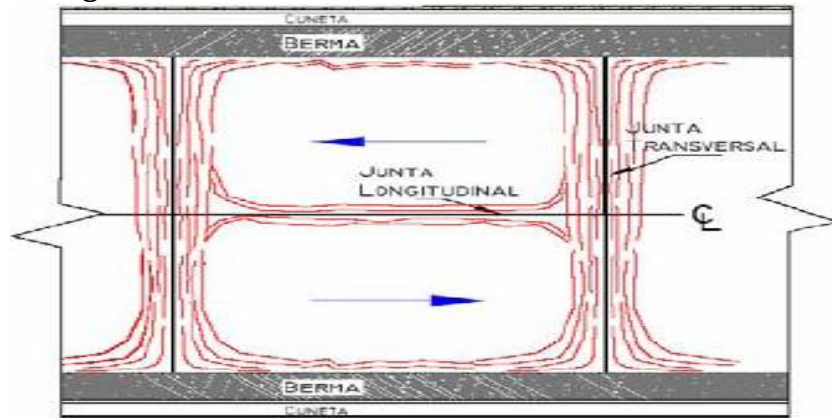


Fuente: Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos.

3.5.3.-FISURACIÓN POR DURABILIDAD (FD)

Corresponde a una serie de grietas finas muy cercanas entre sí, que aparecen cerca de las juntas longitudinales, transversales y cerca de los bordes libres de las losas. Estas grietas suelen curvarse en la intersección de las juntas longitudinales y transversales, presentan una coloración oscura.

Fig. 3-14 FISURACIÓN POR DURABILIDAD



Fuente: Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos

3.5.4.-FISURA TRANSVERSAL O DIAGONAL

Es el Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.

Fig. 3-15 FISURA TRANSVERSAL O DIAGONAL



Fuente: Deterioros en el Pavimento Rígido (Ing. Luis F. Altamirano).

3.5.5.- FISURA LONGITUDINAL

Es el fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos.

Fig. 3-16 FISURA LONGITUDINAL



Fuente:Deterioros en el Pavimento Rígido (Ing. Luis F. Altamirano)

3.5.6.-FISURA DE ESQUINA

Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

Fig. 3-17 FISURA DE ESQUINA



Fuente:Deterioros en el Pavimento Rígido (Ing. Luis F. Altamirano)

3.5.7.- LOSAS SUBDIVIDIDAS

Es el fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.

Fig. 3-18 LOSA SUBDIVIDIDA



Fuente:Deterioros en el Pavimento Rígido (Ing. Luis F. Altamirano)

3.5.8.- FISURAS EN BLOQUE

Es el fracturamiento que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloque pequeños de área inferior a 1 metro cuadrado.

Fig. 3-19 FISURA EN BLOQUE



Fuente:Deterioros en el Pavimento Rígido (Ing. Luis F. Altamirano)

3.5.9.- FISURAS INDUCIDAS

Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de fisuras de forma errática cuyo desarrollo en el pavimento es indicado por factores relativos a una inadecuada distribución de juntas o inapropiada inserción de estructuras u otros elementos dentro de las losas.

Fig. 3-20 FISURA INDUCIDA



Fuente:Deterioros en el Pavimento Rígido (Ing. Luis F. Altamirano)

3.6.- EVALUACIÓN DE FISURAS EN EL PAVIMENTO RÍGIDO

Es muy importante establecer un nivel de severidad para las fisuras, con el fin de dar un tratamiento adecuado a las mismas y de esta forma evitar el aumento del deterioro del pavimento.

La fisuración de un pavimento rígido se inicia con la unión de micro fisuras inherentes a la losa de concreto, que por un proceso continuo de propagación originarán las macro fisuras.

Posteriormente, se tiene el crecimiento de la fisura en un plano perpendicular al de la dirección de la tensión principal de tracción, esto ocurre cuando la tensión en la extremidad de la fisura sobrepasa la tensión cohesiva teórica del material. La tercera y última fase se caracteriza por la fractura final, donde la fisura alcanza un tamaño crítico atravesando todo el espesor de la losa del pavimento rígido.

Los niveles de severidad de fisuras en los pavimentos rígidos se clasifican en:

- ✓ **Bajo.-** Fisuramiento bien definido pero sin descascaramiento.
- ✓ **Mediano.-** Fisuramiento con descascaramiento que afecta menos del 10% de la superficie deteriorada.
- ✓ **Alto.-** Fisuramiento con descascaramiento que afecta al 10% o más de la superficie deteriorada.

3.7.- MEDICIÓN DEL FISURAMIENTO.-El fisuramiento en el pavimento rígido se determina a través de:

- ✓ Realizar una medición del área afectada en metros cuadrados.
- ✓ Verificar el grado de severidad.
- ✓ Cantidad de losas afectadas.

Fuente:Ing. Coronado Iturbide, Capítulo 5: Elementos de la estructura del Pavimento. Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos. Noviembre 2002.

3.8.- APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS COMO ANTI-REFLEJOS DE FISURAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

3.8.1.- INTRODUCCIÓN

Los geosintéticos cumplen una serie de fines amplios en la ingeniería civil específicamente dentro del mundo de la construcción en obras viales, diseñados para actuar como refuerzos estructurales, modificando el patrón de fisuramiento.

Actualmente existe una búsqueda incesante por mejoría de las vías de tráfico, y una de las alternativas encontradas fue la utilización de geosintético como elemento retardador de fisuras en pavimentos nuevos, o prolongamiento de la vida útil de un pavimento ya fisurado, lo que torna esa solución muy interesante desde un punto de vista cronológico, pues hay casos los cuales el pavimento logra grados de fisuración

antes de completar su ciclo de trabajo; el geosintético como retardador de fisuras puede ser una excelente solución para ese problema.

Los geosintéticos poseen una elevada resistencia a la tracción, al corte y a la fatiga, estabilidad térmica, coeficiente de dilatación y módulo de elasticidad.

Poseen además del recubrimiento bituminoso de un geotextil ultraliviano que garantiza su perfecta adherencia al sustrato sobre el que se aplica, con ello suelen emplearse para controlar la fisuración refleja en repavimentaciones o rehabilitaciones, especialmente sobre grietas o juntas constructivas, como refuerzo localizado enbacheo o áreas excavadas, o como refuerzo de pavimentos rígidos.

Los principales factores que contribuyen para prolongar la vida útil de una carretera dependen de las condiciones del sellaje que realiza el geosintético para pavimentos impregnados en asfalto, de la considerable uniformidad de la unión y resistencia a fatiga por flexión de la losa de pavimento rígido.

El principal grupo de materiales que actúan en el redireccionamiento de las fisuras para la horizontal es el de los geosintéticos, destacándose el geotextil no tejido y la geogrilla. El geotextil impregnado con bitume, además de redireccionar las fisuras, impermeabiliza las camadas inferiores, contribuyendo con buen desempeño del pavimento, incluso después de la reflexión de las fisuras.

3.8.2.-CARACTERÍSTICAS DEL GEOSINTÉTICO USADO COMO ANTI-REFLEJOS DE FISURAS

El geosintético como anti-reflejo de fisuras deberá tener:

- ✓ Una elevada resistencia a tracción y una baja deformación (alto módulo elástico).

La resistencia a tracción del geosintético debe ser capaz de absorber el esfuerzo de tracción horizontal generado durante la vida útil de la estructura

- ✓ La fluencia del geosintético es un valor de gran importancia, depende de la carga aplicada, el tiempo y del producto. Además las altas temperaturas afectan negativamente a los geosintéticos.

- ✓ La pérdida de resistencia con el paso del tiempo debe ser baja.

Fuente: Evaluación de Distintas Membranas Tipo S.A.M.I. para rehabilitación de Pavimentos.

3.8.3.- TIPOS DE GEOSINTÉTICOS EFICIENTES PARA EL USO DE ANTI-REFLEJOS DE FISURAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

3.8.3.1.- GEOTEXTIL NO TEJIDO.- Compuesto de filamentos continuos de polipropileno o poliéster, ha sido una de las soluciones más extensamente aplicadas para contra restar el fenómeno de reflexión de fisuras.

Cumple la función de sellado previniendo la penetración de agua y oxígeno a la losa de concreto, también forma una membrana entre el pavimento existente y el nuevo que a partir de una redireccionalidad localizada de la fisura ascendente, retarda su ascenso y reflejo de la misma a la nueva capa de pavimento rígido.

Fig. 3-21 COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL EN EL PAVIMENTO RÍGIDO



Fuente: LEMAC Centro de Investigaciones Viales

3.8.3.2.- MEMBRANA PREFABRICADA (GEOCOMPUESTO)

Es un producto prefabricado autoadhesivo impermeable, compuesto de geotextiles tejidos que brinda características resistentes (resistencia a la tracción) que superan a los geotextiles no tejidos. La mayor resistencia a tracción del geotextil tejido aporta una mayor eficiencia a la hora de re direccionar la fisura o neutralizarla. La posibilidad de que exista más de una capa de geotextil optimiza su desempeño.

Fig. 3-22 COLOCACIÓN DEL GEOCOMPUESTO COMO ANTI-REFLEJO



Fuente: LEMAC Centro de Investigaciones Viales.

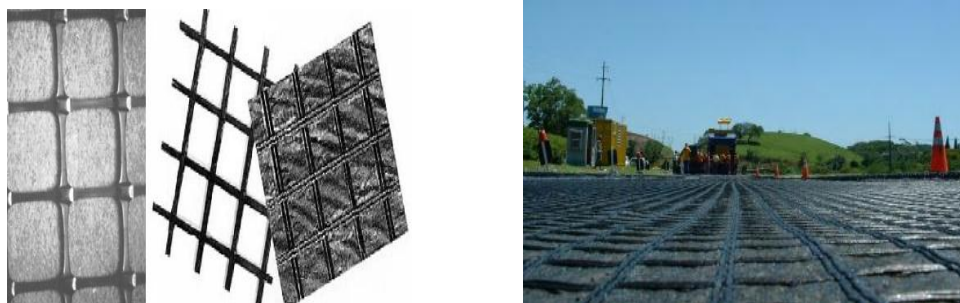
3.8.3.3.- GRILLAS O GEOGRILLAS

Por su alta resistencia a tracción las geogrillas cosen las fisuras y disipan la energía de propagación de las mismas.

Por otro lado la apertura existente entre los distintos elementos de las grillas, permite el contacto íntimo entre la superficie de pavimento deteriorada y la nueva capa de rodamiento, asegurando la adherencia y la solidaridad resistente entre las capas.

Las geogrillas logran alterar el mecanismo de fisuración, cuando la fisura alcanza la posición de la geogrilla, esta absorbe la tensión de tracción en la punta de la fisura y convierte una única fisura de propagación en varios micro fisuras con menor potencial de propagación.

Fig.3-23 COLOCACIÓN DE LA GEOGRILLA COMO ANTI-REFLEJO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS



Fuente: LEMAC Centro de Investigaciones Viales

Para que la geogrilla cumpla la función de prevenir la aparición de fisuras debe verificarse:

- ✓ La adherencia entre el pavimento y el material de refuerzo debe ser óptima, a fin de permitir la distribución y transferencia de los esfuerzos de tracción entre el refuerzo y el pavimento antiguo.
- ✓ Absorber los esfuerzos debido a las cargas dinámicas cíclicas derivadas del tránsito a largo plazo, lo que se traduce es una necesaria respuesta a fatiga del material.

3.8.4.-VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE GEOSINTÉTICOS USADOS COMO ANTI - REFLEJOS DE FISURAS EN PAVIMENTO RÍGIDO.

La rehabilitación de pavimentos severamente fisurados, pero estructuralmente adecuados, requiere de un adecuado control del reflejo de fisuras para su buen desempeño funcional y su justificación económica.

La ejecución de una intercapa anti-fisuras con la incorporación de un geosintético permite absorber las tensiones que producen las grietas y fisuras existentes en la carpeta antigua.

La intercapa del geosintético evitara que una fisura dominante refleje a la nueva sobre carpeta, reemplazándola por innumerables micro fisuras de baja severidad, trayectoria aleatoria, y progresión muy lenta o interrumpida, que constituye una solución eficiente, con una excelente relación costo-resultado.

Se pueden enumerar una serie de ventajas y desventajas de los pavimentos rígidos modificados con geosintético.

❖ VENTAJAS:

- ✓ Se obtienen mezclas más flexibles a bajas temperaturas de servicio reduciendo el fisuramiento.
- ✓ Evita la aparición de grietas por reflexión en la capa de rodadura al actuar como una interface de separación entre la capa de rodadura nueva y la capa antigua fisurada

- ✓ Mayor elasticidad, debido a los polímeros de cadenas largas.
- ✓ Mayor cohesión, el geosintético refuerza la cohesión de la mezcla.
- ✓ Mejor impermeabilización, en los sellados bituminosos, pues absorbe mejor los esfuerzos tangenciales, evitando la propagación de las fisuras.
- ✓ Mejora la vida útil de las mezclas, menos trabajos de conservación.
- ✓ Mayor resistencia a la flexión en la losa del pavimento rígido.
- ✓ En general, prolonga la duración del pavimento, con bajos costos de construcción y operación

❖ **DESVENTAJAS:**

- ✓ Alto costo con geosintético.
- ✓ Dificultades del mezclado: no todos los polímeros son compatibles con el pavimento rígido.
- ✓ Deben extremarse los cuidados en el momento de la elaboración de la mezcla.
- ✓ Los agregados no deben estar húmedos ni sucios.
- ✓ La temperatura mínima de distribución es de 145°C por su rápido endurecimiento.

Fuente: Raúl Darío Durand F. es Ingeniero Civil, M.Sc. en Geotecnia por la Universidad de Brasilia.

APLICACIÓN PRÁCTICA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.- CONDICIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Los progresos científicos tecnológicos asociados con las construcciones del pavimento rígido muestran un avance significativo.

En este entendido es que buscamos indagar el área vial, analizando unos de sus campos que son los pavimentos adentrándonos en lo que es el tema de la Aplicación de geosintéticos utilizados como anti-reflejos de fisuras en los pavimentos rígidos, con esta investigación se busca resolver inquietudes a través de pruebas de laboratorios que sostengan la idea que se desarrolla en el tema propuesto.

Las condiciones de la investigación son de evaluar en laboratorio a través de probetas circulares y vigas de hormigón fisuradas la aplicación de geosintéticos de dos tipos: geogrilla y geocompuesto que se colocaran intermedio del hormigón fisurado y la nueva sobre carpeta cumpliendo la función de anti-reflejos de fisuras.

Las probetas circulares y vigas estarán sometidas a una carga constante y a la intemperie del tiempo por un periodo en un tiempo determinado y de esta manera se podrá tener una evaluación del comportamiento de fisuras con la utilización de geogrilla y geocompuesto.

Los resultados de la investigación nos darán una alternativa para enriquecer la información en la utilización de geosintéticos usados como anti- reflejo de fisuras ya que por las condiciones que se semeja la investigación, es difícil comparar con la realidad.

La idea es que a través de la evaluación en laboratorio de probetas y vigas de concreto fisuradas se encuentre una nueva forma de rehabilitación aplicándole geosintéticos como anti - reflejos de fisuras y esto nos lleve a una comparación o similitud en las losas de pavimento rígido fisuradas para su posterior rehabilitamiento.

4.2.- CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

4.2.1.- AGREGADO GRUESO PARA HORMIGÓN

El agregado grueso será piedra triturada, grava, se compondrá de partículas duras, resistentes y durables libres de cualquier cantidad perjudicial de capas o materias adheridas, arcilla y materias extrañas.

El % permitido de material más fino que el tamiz 200 en los áridos gruesos para cualquier hormigón es inferior o igual que 1%.

Fig. 4-1. Agregado grueso Grava



Fuente: Elaboración Propia

❖ ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

OBJETIVO.- Este método de ensayo abarca el procedimiento para la determinación de los tamaños de las partículas del agregado grueso.

EQUIPO:

1. Balanza sensible al 0,1 gramo
2. Juego de tamices
3. Horno de temperatura constante (105°C)
4. Brocha para limpiar los tamices
5. Vibrador mecánico para tamices

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

La muestra debe estar seca, ser representativa y obtenida por cuarteo.

Si se trata de grava se utiliza el juego de tamices desde 3 ½" hasta N°4

PROCEDIMIENTO:

- Se introduce la muestra de grava al juego de tamices.
- Se agita todo el juego de mallas, horizontalmente con movimientos de rotación y verticalmente con golpes de vez en cuando. El tiempo de agitado por lo general es de 15 minutos.
- Para el agitado de las mallas es muy conveniente el uso de un aparato mecánico de agitado Rot- Tap.
- Se quita la tapa y se separa los tamices, vaciando las fracciones de muestra que quedaron retenidos en cada uno de ellos, incluyendo en la base.
- Se pesa cuidadosamente cada fracción de muestra obtenida.

Fig. 4-2. Peso de la muestra (grava)



Fig. 4-3. Juego de tamices



Fig. 4-4. Determinación de la granulometría



Fuente: Elaboración Propia.

El peso del material retenido sobre cada tamiz será anotado y expresado como sigue:

- ✓ Por ciento retenido sobre cada tamiz.
- ✓ Por ciento total que pasa por cada tamiz.

Tabla 4-1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

Procedencia del Agregado Grueso: La Pintada

Peso Total (gr.)						14000	
Tamices	Tamaño	Peso Retenido.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g	
			(gr)	(%)		Especif. ASTM- C33	
2 1/2"	63	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
2	50,8	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1 1/2	38,1	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
1	25,4	0,00	0,00	0,00	100,0	90	100
3/4	19,05	3130,00	3130,00	22,36	77,6	40	85
1/2	12,7	6843,00	9973,00	71,24	28,8	10	40
3/8	9,52	2225,00	12198,00	87,13	12,9	0	15
Nº4	4,75	1665,00	13863,00	99,02	1,0	0	5
Nº8	2,38	125,60	13988,60	99,92	0,0	0	0
BASE	0	6,6	13995,20	99,97	0,0	0	0
SUMA =		13995,20					
PÉRDIDAS =		4,80					
MF =		8,08					
TAMAÑO MAX =		1"					

Fig. 4-5. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO

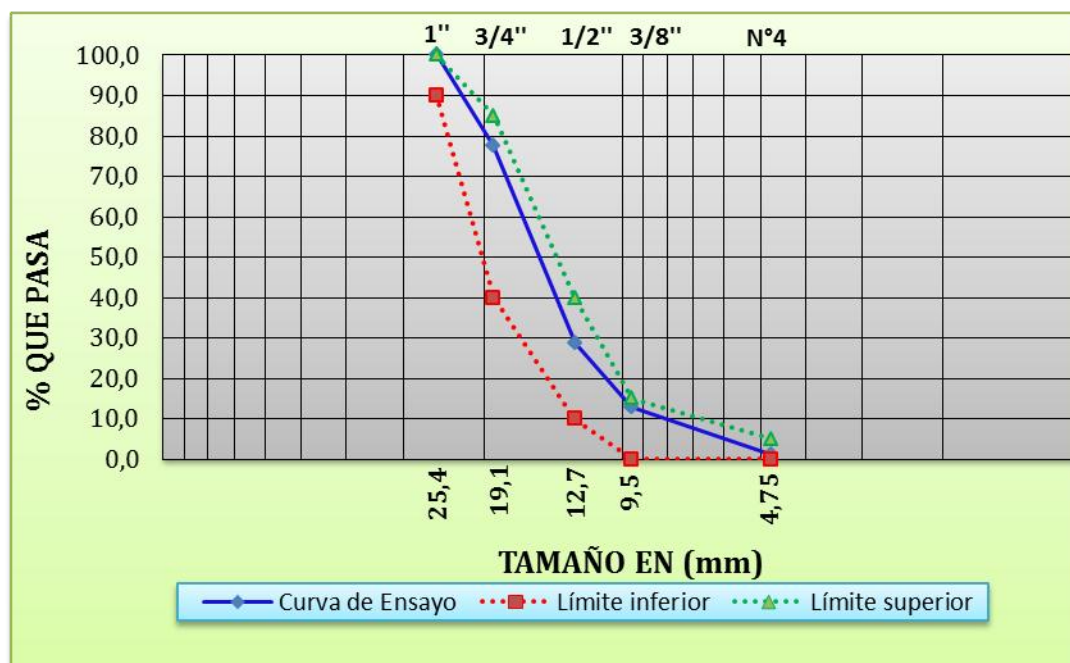


Tabla 4-2

a) HUMEDAD

HUMEDAD	
DATO	gr
Peso Muestra Húmeda	3790,00
Peso Muestra seca	3770,00
Peso Agua	20,00
% de Humedad	0,53

b) ABSORCIÓN

ABSORCION	
DATO	gr
Peso Muestra Húmeda (SSS)	4098
Peso Muestra seca	4028,5
Peso Agua	69,5
% de Absorción	1,73

Fuente: Elaboración Propia.

❖ PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

OBJETIVO.- El ensayo que a continuación se describe tiene por objeto la determinación del peso específico aparente y del peso específico a granel, lo mismo que la cantidad de agua expresada como porcentaje que absorbe el agregado grueso cuando se sumerge en agua por un periodo de 24 horas.

EQUIPO:

1. Una balanza que tenga 5kg. De capacidad o más sensibilidad de 0,5gr.
2. Cesto cilíndrico de tela metálica (la cesta deberá ser hecha de malla metálica N° 4) de 20cm de diámetro y de 20 cm de altura.
3. Un recipiente en el que se puede sumergir la cesta de alambre y un aparato para suspender la cesta cuando se sumerge, con el fin de obtener el peso de la muestra sumergida.

PROCEDIMIENTO:

- Se lava el material a fin de remover el polvo o cualquier impureza que cubra la superficie de las partículas, luego se sumerge la muestra con agua por un periodo de 24 horas.

- Se saca la muestra del agua y se secan las partículas con una toalla hasta que la película de agua haya desaparecido de la superficie. Se deberá evitar la evaporación durante esta operación.
- Se obtiene después el peso de la muestra con sus partículas saturadas.
- La muestra se vuelve a sumergir después de ser pesada y se determina el peso de la muestra así sumergida.
- Se seca la muestra en un horno a temperatura constante (105°C) y luego se deja enfriar y se pesa.

MUESTRA.- La muestra consiste aproximadamente de 5kg. De material separado por el método de cuarteo y de manera que todo el material quede retenido sobre el tamiz de 3/8".

Fig. 4-6. Muestra saturada (grava)



Fig. 4-7. Secando la Muestra (grava)



Fig. 4-8. Peso de la grava en el agua



Fuente: Elaboración Propia.

✓ **Fórmulas para el cálculo:**

$$\text{Peso Específico a granel} = \frac{A}{B - C}$$

Dónde:

A= Peso de la muestra secada en horno, en gr.

B= Peso de la muestra saturada pero con superficie seca, en gr.

C= Peso de la muestra saturada dentro del agua, en gr.

$$\text{Peso Específico en condición Saturado y superficie seca} = \frac{B}{B - C}$$

(B - C) = Este término es la pérdida de peso de la muestra sumergida y significa por lo tanto el volumen de agua desplazado o sea el volumen de la muestra.

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{A - C}$$

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Tabla 4-3

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Procedencia del Agregado Grueso: La Pintada

MUESTRA Nº	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA CON SUP. SECA "B" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA "C" (gr)	PESO ESPECÍFICO A GRANEL (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO SATURADO CON SUP. SECA (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm3)	% DE ABSORCIÓN
1	4028,0	4098,0	2519,0	2,55	2,60	2,67	1,74
2	4025,0	4093,0	2505,0	2,53	2,58	2,65	1,69
3	4030,0	4101,0	2525,0	2,56	2,60	2,68	1,76
PROMEDIO				2,55	2,59	2,67	1,73

Fuente: Elaboración Propia.

❖ **DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

OBJETO.- Este ensayo tiene como objeto describir cómo se puede obtener el peso unitario de los agregados y de las mezclas de agregados a la temperatura ambiente.

EQUIPO:

1. Balanza sensible al 0.5% del peso de la muestra.
2. Una varilla de 5/8" de diámetro y unos 60 cm de largo.
3. Un juego de recipientes cilíndricos. El tamaño del molde cilíndrico que se debe usar depende del tamaño máximo de las partículas.

Para agregados cuyas partículas tengan un diámetro máximo comprendido entre 1/2" y 1 1/2" se usa un molde de 1/2 pie cúbico.

Para agregados cuyas partículas tengan un diámetro máximo mayor de 1 1/2" se usa un molde de 1 pie cúbico.

CALIBRACION DE LOS MOLDES.- Los moldes deben ser calibrados con exactitud, determinando el peso del agua a 16,7°C requerido para llenarlos. El volumen de cada molde se determina dividiendo el peso del agua requerido para llenar el respectivo molde por el peso unitario del agua a la misma temperatura.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.- Se usa una muestra representativa del agregado a la humedad ambiente. Por ningún motivo debe secarse dicha muestra en el horno.

PROCEDIMIENTO:

a) Peso Unitario Suelto:

- Se pesa en la balanza el molde antes de llenar la grava.
- Se llena el molde con la grava y se nivela sin que sea compactada
- Se vuelve a pesar el molde más la grava, para encontrar el peso de la muestra suelta.

b) Peso Unitario Compactado:

- Se llena el molde hasta una tercera parte de su capacidad, nivelándose el agregado con las manos. Luego por medio de la varilla se apisona uniformemente esta capa 25 veces. No se debe golpear el fondo del molde.
- Se repite el procedimiento anterior dos veces hasta llenar el molde. Las partículas de la superficie se debe enrasar con la varilla teniendo como guía el borde del molde
- Se pesa el molde junto con el agregado.

Fig. 4-9. Apisonando la muestra (grava)



Fig. 4-10. Pesando el molde con la grava



Fuente: Elaboración Propia.

El peso neto del agregado o de la mezcla dentro del molde se obtiene restando del peso del molde más la muestra compactada el peso del molde. El peso por unidad de volumen de la muestra se obtiene multiplicando su peso neto por el inverso del volumen del molde.

Tabla 4-4

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Procedencia del Agregado Grueso: La Pintada

PESO UNITARIO SUELTO					
MUESTRA Nº	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	5660,0	10000,0	20340,0	14680,00	1,468
2	5660,0	10000,0	20250,0	14590,00	1,459
3	5660,0	10000,0	20240,0	14580,00	1,458
PROMEDIO					1,462

PESO UNITARIO COMPACTADO					
MUESTRA Nº	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA APISONADA (gr)	PESO MUESTRA APISONADA (gr)	PESO UNITARIO APISONADO (gr/cm3)
1	5660,0	10000,0	21760,0	16100,00	1,610
2	5660,0	10000,0	21670,0	16010,00	1,601
3	5660,0	10000,0	21700,0	16040,00	1,604
PROMEDIO					1,605

Fuente: Elaboración Propia.

**❖ DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE DESGASTE DEL AGREGADO
GRUESO POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES**

OBJETIVO.- Este método abarca el procedimiento de ensayo para determinar el porcentaje de desgaste de piedra y grava triturada y agregado grueso natural (grava no triturada) por medio de la máquina de los ángeles.

EQUIPO.-

1. Máquina de desgaste de los Ángeles que consiste de un cilindro o tambor hueco de acero, cerrado en ambos extremos. Este cilindro tiene las siguientes dimensiones interiores: 70cm. (28") de diámetro y 50cm (20") de largo. El tambor además tiene una puerta lateral pequeña por donde se introduce la muestra. El tambor debe ser montado en forma adecuada y acoplada a un motor de 1 HP de potencia aproximadamente, en forma tal que el número de revoluciones del tambor sea de 30 a 33 por minuto.
2. Un juego de tamices de abertura cuadrada de la serie estándar de los siguientes tamaños: 3", 2 ½", 2", 1½", 3/4", 3/8" y números 4, 8 y 12.
3. Horno de temperatura constante a 105 °C.
4. Balanza de 5 kg de capacidad y sensible de 0,1 gr.

CARGA DE DESGASTE.- La carga de desgaste que debe llevar la máquina de los Ángeles consistirá de bolas o esferas de acero de 1 7/8" de diámetro y cuyo peso puede variar entre 390 y 445 gr. El número de bolas de acero que se usara depende de la gradación de la muestra de ensayo y será como sigue:

Tabla 4-5

CARGA PARA LA PRUEBA DEL DESGASTE DE LOS ÁNGELES

GRADACION	Nº DE ESFERAS	PESO DE LA CARGA
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15
E	12	5000 ± 25
F	12	5000 ± 25
G	12	5000 ± 25

MUESTRA DEL ENSAYO.- La muestra de ensayo consistirá de agregado limpio que ha sido secado en un horno a 105 °C hasta peso constante y tendrá una de las

gradaciones que indica la tabla siguiente. La gradación que se usa será la que más se aproxima a la del agregado bajo ensayo.

Tabla 4-6
GRADACIÓN PARA LA PRUEBA DEL DESGASTE DE LOS
ÁNGELES

TAMAÑO DEL TAMIZ		Gradacion y peso de la muestra de ensayo (gr)						
Pasa	Retenido sobre	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	
1"	3/4"	1250						
3/4"	1/2"	1250	2500					5000
1/2"	3/8"	1250	2500					5000
3/8"	Nº 3			2500				
Nº 3	Nº 4			2500				
Nº 4	Nº 8				5000			

Fuente: Manual de guías de laboratorio de tecnología del hormigón.

PROCEDIMIENTO:

La muestra de ensayo y la carga se colocara en la máquina de desgaste de los Ángeles y se pondrá en funcionamiento la maquina a una velocidad de 30 a 33 revoluciones por minuto. Para la gradaciones A, B, C la maquina se hará girar 500 revoluciones, para las gradaciones E, F y G se hará girar durante 1000 revoluciones. Al final del ensayo el material será descargado de la máquina y se hará una separación preliminar en un tamiz más grueso que el Nº 12; la porción más fina se tamizara luego sobre el tamiz Nº 12.

El material que quede retenido en el tamiz Nº 12 deberá lavarse, secarse hasta peso constante en un horno de 105 a 110 °C y pesarse con una aproximación al gramo.

La diferencia entre el peso original (P) y el peso final (Pf) de la muestra de ensayo será expresado como un porcentaje del peso original de la muestra de ensayo. Este valor será consignado como porcentaje de desgaste.

$$\text{Porcentaje de Desgaste} = \frac{P - P_f}{P} * 100$$

Tabla 4-7
PORCENTAJE DE DESGASTE EN EL AGREGADO GRUESO

Procedencia del Agregado grueso: La Pintada

GRADACION	B	ESFERAS A 32,5 RPM
CARGA ABRASIVA CON:	11	500 Revoluciones
Pasado	Retenido	Cantidad tomada (grs)
3/4	1/2	2500
1/2	3/8	2500
Ret. Tamiz de corte N°12 (1,7 mm)		3,469
		DIFERENCIA
		1,531
		DESGASTE
		30,62 %

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2.- AGREGADO FINO PARA HORMIGÓN

El agregado fino a emplearse estará constituido por arenas naturales o artificiales o una mezcla de ellas.

Arenas naturales son aquellas cuyas partículas son redondeadas y provienen de la disgregación de las rocas por la acción de los agentes naturales.

Arenas artificiales son las originadas por la trituración de las rocas mediante equipo de chancado. Se dará preferencia al uso de arenas naturales de origen. Las arenas presentarán partículas duras, durables y limpias, libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o laminares, álcalis, arcillas, materias orgánicas y deletéreas.

Fig. 4-11. Agregado fino Arena



Fuente: Elaboración Propia.

❖ ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

OBJETIVO.- Este método de ensayo abarca el procedimiento para la determinación de los tamaños de las partículas del agregado fino.

EQUIPO:

1. Balanza sensible al 0,1 gramo
2. Juego de tamices
3. Horno de temperatura constante (105°C)

4. Brocha para limpiar los tamices
5. Vibrador mecánico para tamices

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra debe estar seca y ser representativa.

Si se trata de agregado fino (arena) se utiliza el juego de tamices desde N°4 hasta N° 200.

PROCEDIMIENTO:

- Se introduce la muestra de arena al juego de tamices.
- Se agita todo el juego de mallas, horizontalmente con movimientos de rotación y verticalmente con golpes de vez en cuando. El tiempo de agitado por lo general es de 15 minutos.
- Para el agitado de las mallas es muy conveniente el uso de un aparato mecánico de agitado Rot- Tap.
- Se quita la tapa y se separa los tamices, vaciando las fracciones de muestra que quedaron retenidos en cada uno de ellos, incluyendo en la base.
- Se pesa cuidadosamente cada fracción de muestra obtenida.

Fig. 4-12. Peso de la muestra (arena)



Fig. 4-13. Tamizando la muestra (arena)



Fuente: Elaboración Propia.

El peso del material retenido sobre cada tamiz será anotado y expresado como sigue:

- ✓ Por ciento retenido sobre cada tamiz.
- ✓ Por ciento total que pasa por cada tamiz.

Tabla 4-8

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

Procedencia del agregado Fino: La Pintada

Peso Total (gr.)						1000	
Tamices	tamaño	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% que pasa del total	Especificacion	
	(mm)					ASTM C-33	
3/8	9,52	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
Nº4	4,75	16,50	16,50	1,65	98,4	95	100
Nº8	2,38	33,50	50,00	5,00	95,0	80	100
Nº16	1,19	235,50	285,50	28,55	71,5	50	85
Nº30	0,59	118,70	404,20	40,42	59,6	25	60
Nº50	0,30	357,40	761,60	76,16	23,8	10	30
Nº100	0,15	216,50	978,10	97,81	2,2	2	10
BASE		18,20	996,30	99,63	0,4	0	0
SUMA		996,30					
PÉRDIDAS		3,7					
MF		2,50					

Fig. 4-14. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO

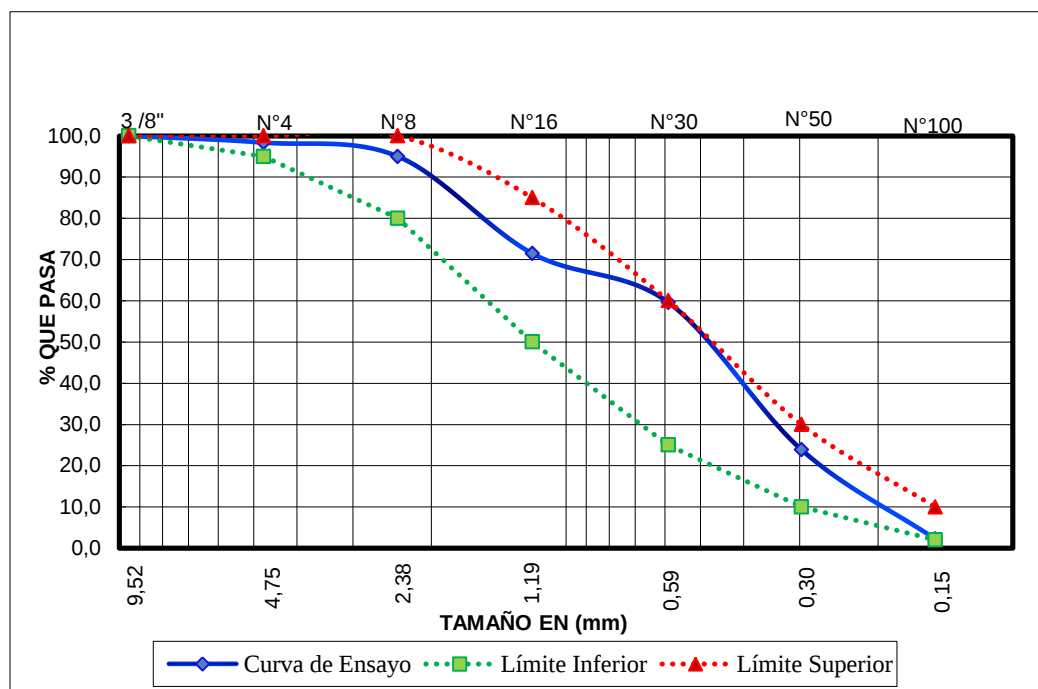


Tabla 4-9

a) HUMEDAD

HUMEDAD	
DATO	gr
Peso Muestra Húmeda	350,00
Peso Muestra seca	348,00
Peso Agua	2,00
% de Humedad	0,6

b) ABSORCIÓN

ABSORCION	
DATO	gr
Peso Muestra Húmeda (SSS)	500
Peso Muestra seca	492,5
Peso Agua	7,5
% de Absorción	1,5

Fuente: Elaboración Propia.

❖ PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

OBJETO.- El ensayo que a continuación se describe tiene por objeto la determinación del peso específico aparente y del peso específico a granel, lo mismo que la cantidad de agua expresada como porcentaje que absorbe el agregado fino cuando se sumerge en agua por un periodo de 24 horas.

EQUIPO:

1. Balanza con capacidad de 1kg. y sensibilidad de 0,1 gr.
2. Matraz de 500 ml de capacidad (se usa el mismo que se requiere para las pruebas de suelos).
3. Molde cónico y una varilla.

MUESTRA.- Se selecciona una muestra de 1kg. Que puede ser obtenida por cuarteo, luego se coloca la muestra dentro de un recipiente lleno de agua y se deja allí por un periodo de 24 horas.

PROCEDIMIENTO:

- Se saca la muestra del recipiente y se seca de manera uniforme.
- Con el fin de inspeccionar que tan seca esta la muestra, se coloca primero en el molde cónico y luego se retira este. Si la muestra tiene todavía alguna humedad en la superficie, conservara la forma cónica y si por el contrario la

humedad de la superficie ha sido eliminada, la arena rodara libremente cuando se levante el cono.

- Por lo general si la arena rueda libremente la primera vez que se coloca el cono, esto es indicación de que la muestra ha sido secada más de lo necesario y que ha perdido su condición de saturada; por consiguiente, se deberá rociar con agua y dejarla reposar por 30 minutos antes de volver a colocar en el cono.
- Se coloca 500grs. De la muestra en el matraz y luego se llena este con agua hasta el tope, con el fin de eliminar burbujas de aire presentes en el matraz, se rueda el matraz sobre sí mismo y luego se coloca en un baño a temperatura constante de 20°C, se deberán hacer las correcciones del caso siguiendo la curva de calibración. Luego se obtiene el peso del matraz lleno.
- Se vacía el contenido del matraz en un recipiente y se pone a secar en el horno de temperatura constante (105°C) y se pesará.

Fig. 4-15. Usando el molde cónico



Fig. 4-16. Vaciando la arena en el matraz



Fig. 4-17. Pesando la arena más el agua y matraz



Fuente: Elaboración Propia.

✓ **Fórmulas para el cálculo:**

$$\text{Peso Específico a granel} = \frac{A}{V - W}$$

Siendo:

A = Peso en el aire de la muestra secada al horno, en gr.

V = Volumen del frasco en ml.

W = Peso en gramos o volumen en ml. Del agua agregado al frasco.

$$\text{Peso Específico en condición Saturado y superficie seca} = \frac{500}{V - W}$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{500 - A}{A} * 100$$

Tabla 4-10

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Procedencia del Agregado Fino: La Pintada

MUESTRA Nº	PESO MUESTRA (gr)	PESO DE MATRÁZ (gr)	MUESTRA +MATRAZ + AGUA (gr)	PESO DEL AGUA AGREGADO AL MATRÁZ "W" (ml) ó (gr)	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	VOLUMEN DEL MATRÁZ "V" (ml)	P. E. A GRANEL (gr/cm3)	P. E. SATURADO CON SUP. SECA (gr/cm3)	P. E. APARENTE (gr/cm3)	% DE ABSORCIÓN
1	500	164,7	958,7	294,00	493,3	500,0	2,39	2,43	2,48	1,36
2	500	164,7	967,8	303,10	492,5	500,0	2,50	2,54	2,60	1,52
3	500	164,7	963,2	298,50	492,0	500,0	2,44	2,48	2,54	1,63
PROMEDIO							2,45	2,48	2,54	1,5

Fuente: Elaboración Propia.

❖ DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

OBJETO.- Este ensayo tiene como objeto describir cómo se puede obtener el peso unitario de los agregados y de las mezclas de agregados a la temperatura ambiente.

EQUIPO:

4. Balanza sensible al 0.5% del peso de la muestra
5. Una varilla de 5/8" de diámetro y unos 60 cm de largo
6. Un juego de recipientes cilíndricos. El tamaño del molde cilíndrico que se debe usar depende del tamaño máximo de las partículas

Para agregados cuya partículas tengan un diámetro máximo de 1/2" o menor se usa un molde de 1/10 de pie cubico.

CALIBRACIÓN DE LOS MOLDES.- Los moldes deben ser calibrados con exactitud, determinando el peso del agua a 16,7°C requerido para llenarlos. El volumen de cada molde se determina dividiendo el peso del agua requerido para llenar el respectivo molde por el peso unitario del agua a la misma temperatura.

PREPARACION DE LA MUESTRA.- Se usa una muestra representativa del agregado a la humedad ambiente. Por ningún motivo debe secarse dicha muestra en el horno.

PROCEDIMIENTO:

a) Peso Unitario Suelto:

- Se pesa en la balanza el molde antes de llenar la arena.
- Se llena el molde con la arena y se nivela sin que sea compactada
- Se vuelve a pesar el molde más la arena, para encontrar el peso de la muestra suelta.

b) Peso Unitario Compactado:

- Se llena el molde hasta una tercera parte de su capacidad, nivelándose el agregado con las manos. Luego por medio de la varilla se apisona uniformemente esta capa 25 veces. No se debe golpear el fondo del molde.
- Se repite el procedimiento anterior dos veces hasta llenar el molde. Las partículas de la superficie se debe enrasar con la varilla teniendo como guía el borde del molde.
- Se pesa el molde junto con el agregado.

Fig. 4-18. Molde con la arena suelta



Fig. 4-19. Apisonado la muestra (arena)



Fig. 4-20. Peso del molde con la arena



Fuente: Elaboración Propia.

El peso neto del agregado o de la mezcla dentro del molde se obtiene restando del peso del molde más la muestra compactada el peso del molde. El peso por unidad de volumen de la muestra se obtiene multiplicando su peso neto por el inverso del volumen del molde.

Tabla 4-11
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

Procedencia del Agregado fino: La Pintada

PESO UNITARIO SUELTO					
MUESTRA Nº	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	2680,0	3000,0	7310,0	4630,0	1,543
2	2680,0	3000,0	7350,0	4670,0	1,557
3	2680,0	3000,0	7440,0	4760,0	1,587
PROMEDIO					1,562

PESO UNITARIO COMPACTADO					
MUESTRA Nº	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA APISIONADA (gr)	PESO MUESTRA APISIONADA (gr)	PESO UNITARIO APISIONADO (gr/cm3)
1	2680,0	3000,0	7780,0	5100,0	1,700
2	2680,0	3000,0	7820,0	5140,0	1,713
3	2680,0	3000,0	7880,0	5200,0	1,733
PROMEDIO					1,716

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.3.- CEMENTO PARA EL HORMIGÓN

El material ligante a utilizar será **Cemento Portland Normal** de marca aprobada que reúna estrictamente las condiciones exigidas por las Normas correspondientes.

El transporte de cemento se realizará preferentemente a granel, en camiones silo o en bolsas especiales y deberá almacenarse de manera que se encuentre bien protegido de la humedad e intemperie del tiempo.

El cemento se deberá entregar en estado perfectamente pulverulento sin la menor tendencia a aglomerarse. No se permitirá el uso de cemento total o parcialmente fraguado o que contenga terrones, para ningún tipo de trabajo.

Fig. 4-21. Material ligante Cemento



Fuente: Elaboración Propia.

❖ DETERMINACIÓN DE LA FINURA DEL CEMENTO

OBJETO DEL ENSAYO.- El objeto de este método es la determinación de la finura del cemento, por medio del tamiz de la malla N° 200.

EQUIPO:

1. Tamiz N° 200
2. Una balanza de capacidad de 100gr. Y una sensibilidad al 0,05
3. Una brocha.

PROCEDIMIENTO:

- Pesar 50 gr. De cemento para determinar su finura.
- Agitar la muestra, utilizando tamices de malla N° 4 y N° 200 con base y tapa, en el vibrador mecánico (Rot-Tap). Cuando no se dispone de vibrador mecánico, se agita el cedazo N° 200 con tapa y base imprimiendo con ambas manos movimientos verticales y horizontales con golpes de vez en cuando. El tiempo de agitado dependerá de la cantidad de finos en la muestra, pero por lo general no debe ser menor de 15 minutos.
- Se quita la tapa y se separa la malla N° 40 vaciando la fracción de cemento que podría ser retenida en ella, sobre un papel limpio. A las partículas que han quedado atrancadas entre los hilos de la malla no hay que forzarlos a pasar a través de ella; inviertase el tamiz y con ayuda de un cepillo o brocha de alambre despréndase y agregase a las depositadas en el papel.
- Se pesa cuidadosamente la fracción de la muestra obtenida en 3. Se pone en un recipiente o capsula. Se guarda esta fracción de muestra hasta el final de la prueba, para poder repetir las pesadas en caso de error.
- Se hacen las pesadas de las fracciones retenidas en cada malla y el recipiente del fondo, procediendo en la forma indicada. Todos los pesos retenidos se anotan en la hoja de registro para el cálculo.
- Se calcula utilizando la fórmula:

$$F = \frac{Pr}{50} * 1000$$

Dónde:

F = Finura del cemento expresado como porcentaje en peso, del residuo que no pasa el tamiz N° 200

Pr = Peso del residuo que no pasa el tamiz N° 200 en gr.

La relación que se utiliza para determinar el porcentaje de finura es la siguiente:

- ✓ Si el % Finura es menor al 5%, significa que este es un cemento Portland de endurecimiento rápido.
- ✓ Si el % es menor que el 10%, es que es un cemento Portland para uso ordinario.

Tabla 4-12

FINURA DEL CEMENTO

Procedencia del Cemento: El Puente

a) MUESTRA 1

MUESTRA 1	
Tamices	Peso Ret. (gr)
N°40	0,90
N°200	3,20
Base	45,90
total	50,00

b) MUESTRA 2

MUESTRA 2	
Tamices	Peso Ret. (gr)
N°40	0,95
N°200	2,95
Base	46,10
total	50,00

c) PROMEDIO DE LA FINURA DEL CEMENTO

N°	RET. TAMIZ N°200	MUESTRA (gr)	PORCENTAJE DE FINURA DEL CEMENTO
1	3,20	50	6,4
2	2,95	50	5,9
		PROMEDIO	6,15

Fuente: Elaboración Propia.

❖ PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO

OBJETIVO.- Este ensayo tiene por objeto presentar un método para determinar el peso específico del cemento, el valor que aquí se determina se usa específicamente para el diseño y control de la producción de mezcla del concreto.

EQUIPO:

1. Un matraz normal de Le Chatelier
2. Kerosene (sin agua) o nafta que no sea más liviano que 62° A.P.I.
3. Balanza sensible al 0,001gr.

MUESTRA.- La muestra se obtiene del material tal como se recibe, para la prueba se toman 64gr.

PROCEDIMIENTO:

- Se llena el matraz con cualquiera de los dos líquidos antes especificados hasta que el nivel del líquido quede entre las marcas de 0 y 1 ml.
- Se coloca el matraz en un baño maría de temperatura constante manteniéndola a la temperatura del ambiente. Se lee en el cuello del matraz, la graduación correspondiente al nivel del líquido una vez que este se encuentre a una temperatura constante.
- Se toma aproximadamente 64 gr. De la muestra de cemento y se va introduciendo poco a poco en el matraz teniendo el cuidado de que estén a la misma temperatura del líquido. Se debe evitar que el líquido salpique cuando se introduce el cemento.
- Después de que todo el cemento haya sido introducido en el matraz se tapa este y se hace rodar en posición inclinado con el fin de eliminar el aire del cemento, esta operación se continúa hasta que se eliminen las burbujas de aire.
- Se coloca de nuevo el matraz en el baño de temperatura constante, el cual debe estar aproximadamente del ambiente y se hace la nueva lectura cuando se haya observado que la temperatura del líquido en el matraz es constante.

- Se lee en el matraz la graduación correspondiente al nuevo nivel del líquido.

Fig. 4-22. Peso de la muestra (cemento)



Fig. 4-23. Matraz con el kerosene



Fig. 4-24. Introduciendo el cemento al matraz



Fuente: Elaboración Propia.

La diferencia entre las cantidades que representen el nivel final y el nivel inicial del líquido nos da el volumen de líquido desplazado por el cemento usado en el ensayo, luego:

$$P. E. = \frac{\text{Peso del cemento en gramos}}{\text{Volumen desplazado en ml}}$$

- ✓ El rango aceptable en el cual debe estar el peso específico es entre:

$$2,90 \text{ gr/cm}^3 < PE < 3.15 \text{ gr/cm}^3$$

Tabla 4-13

PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO

Procedencia del Cemento: El Puente

MUESTRA N°	PESO MUESTRA (gr)	VOLUMEN DE MATRÁZ CON KEROSENE(ml)	VOLUMEN DE MATRAZ CON KEROSENE Y CEMENTO (ml)	PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO (gr/cm ³)
1	64	200	220,0	3,20
2	64	200	219,0	3,37
3	64	200	223,0	2,78
PROMEDIO				3,12

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.4.- AGUA PARA HORMIGÓN

El agua a utilizar en la preparación del hormigón y en todo otro trabajo relacionado con la ejecución del pavimento será razonablemente limpia y libre de sustancias perjudiciales al hormigón, preferentemente potable.

Normalmente el agua apta para la construcción debe cumplir una serie de parámetros así en la normativa está limitado el pH, el contenido en sulfatos, en ion cloro y los hidratos de carbono.

El agua de amasado interviene en las reacciones de hidratación del cemento. La cantidad de la misma debe ser la estricta necesaria, pues la sobrante que no interviene en la hidratación del cemento se evaporará y creará huecos en el hormigón disminuyendo la resistencia del mismo.

A fines de conservar la limpieza y pureza del agua, se debe tener para su extracción y conducción elementos adecuados para disponer de ella en el sitio en que va a usarse, libre de sustancias extrañas que puedan ser arrastradas por la misma.

Fig. 4-25. Agua para la construcción



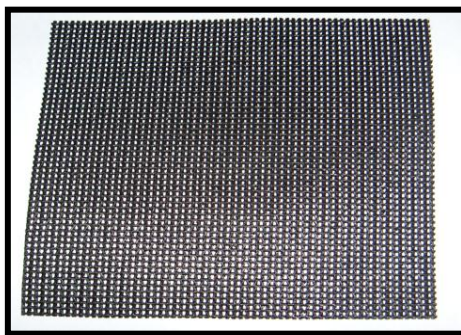
Fuente: Pavimentos rígidos (Ing. Fernando Sánchez)

4.2.5.- TIPO DE GEOSINTÉTICOS USADOS COMO ANTI-REFLEJOS DE FISURAS.

4.2.5.1.- LA GEOGRILLA

La geogrilla es un tejido técnico, producido a partir de filamentos de poliéster de alta tenacidad que, con bajos valores de elongación, movilizan elevada resistencia a la tracción. Los tejidos técnicos son fabricados a través de entrelazamiento sinuoso de los elementos. Para su protección contra daños de instalación, ataques químicos, biológicos y ambientales, los tejidos técnicos de la geogrilla son revestidos con PVC. Son materiales extremadamente versátiles y pueden ser utilizados en la construcción civil, ingeniería ambiental y entre otras aplicaciones.

Fig. 4-26. Geogrilla utilizada como anti-reflejos de fisuras



Fuente: Elaboración Propia.

La geogrilla que se ocupara como anti-reflejos de fisuras fue proporcionada por **MACCAFERRI** y consta de las siguientes propiedades:

Tabla 4-14 PROPIEDADES DE LA GEOGRILLA

PROPIEDADES MECANICAS (Solicitud a la traccion)			
Resistencia longitudinal ultima (min)	KN/m	ASTM D6637	45
Resistencia transversal ultima (min)	KN/m	ASTM D6637	45
Elongacion a la Resistencia ultima (max)	%	ASTM D6637	30
Resistencia al punzonamineto tipo CBR	KN	ASTM D6241	3,4
Resistencia al Desgarre Trapezoidal	KN	ASTM D4533	1,7

PROPIEDADES FISICAS		
Gramaje	g/m ²	200
Espesor	mm	0,5

PROPIEDADES HIDRAULICAS			
Permisividadad	S^{-1}	ASTM 4491	0,74
Pemeabilidad	cm/s	ASTM 4491	0,04

Fuente: Manual de especificaciones técnicas Maccaferri- Bolivia

4.2.5.2.- GEOCOMPUESTO

El geocompuesto 16.1 es una geomanta flexible tridimensional que presenta más de 90% de vacíos, fabricada a partir de filamentos gruesos de polipropileno fundidos en los puntos de contacto.

Fig. 4-27. Geocompuesto utilizado como anti-reflejos de fisuras



Fuente: Elaboración Propia.

El geocompuesto que se ocupara como anti-reflejos de fisuras fue proporcionada por **MACCAFERRI** y consta de las siguientes propiedades:

Tabla 4-15 PROPIEDADES DEL GEOCOMPUESTO

PROPIEDADES MECANICAS		
Resistencia a la traccion longitudinal kN/m	ABNT NBR 12824	3,39
	ASTM D 4595	3,39
Elongacion a la rotura %	ABNT NBR 12824	81,38
	ASTM D 4595	81,38
Resistencia a la traccion transversal kN/m	ABNT NBR 12824	0,73
	ASTM D 4595	0,73
Elongacion a la rotura %	ABNT NBR 12824	48,4
	ASTM D 4595	48,4

PROPIEDADES FISICAS		
Espesor Nominal mm	ABNT NBR 12569	16
	ASTM D 5199	16
Gramaje g/ m2	ABNT NBR 12568	500
	ASTM D 5261	500
Indice de vacio %		>90
Espesor de filamento mm		0,65
Color		Negro
Polimero		Polipropileno
Peso especifico del polimero kg/m3	ASTM D 792	905
Punto de fusion del polimero °C	ASTM D 1505	150
Resistencia UV del polimero	ASTM D 4355	Estabilizado

Fuente: Manual de especificaciones técnicas Maccaferri- Bolivia

4.3.- DOSIFICACIÓN

4.3.1.- MÉTODO ACI – 211

Tabla 4-16

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS Y DEL DISEÑO

ENSAYO	Unidad	Valor
1.- Modulo de finura de la arena (MF)	s/u	2,50
2.- Peso unitario Compactado de la grava (PUC)	kg/m ³	1605
3.- Peso específico de la arena (γ_f)	gr/cm ³	2,54
4.- Peso específico de la grava (γ_g)	gr/cm ³	2,67
5.- Absorción de la arena (Aa)	%	1,50
6.- Absorción de la Grava (Ag)	%	1,7
7.- Humedad de la Arena (Ha)	%	0,57
8.- Humedad de la Grava (Hg)	%	0,53
9.- Tamaño máximo Nominal (TMN)	pulg	1"
10.- Tamaño Máximo (TM)	pulg	1"
11.- Peso específico del cemento	gr/cm ³	3,12

Resistencia de diseño (fck')	295	kg/cm ²
Asentamiento (S) (Tabla 11.4) Anexos	2	pulg
Relacion Agua / Cemento (a/c) (Tabla 11.13) Anexos	0,46	s/u

DATOS DE TABLAS

Vol. Agr. Grueso / Vol. unitario concreto (b/bo) (Tabla 11.15) Anexos	0,7	s/u
Requerimiento de Agua (A) (Tabla 11.7) Anexos	183	kg/m ³

Tabla 4-17
CÁLCULOS DE LA DOSIFICACIÓN

Peso Agregado Grueso (Pag)	= (b/bo)xPUC	
	1123,5	kg/m ³
Peso cemento (Pc)	= A / (a/c)	
	397,83	kg/m ³
Volumen de Agregado Grueso (Vag)	= Pag/γg	
	421,57	lt/m ³
Volumen del cemento (Vc)	= Pc/γc	
	126,70	lt/m ³
Volumen de Arena (Vaf)	= 1000 - Vc - A - Vag	
	268,73	lt/m ³
Peso del agregado fino (Paf)	= Vaf x γf	
	682,41	kg/m ³

Tabla 4-18
PESO SECO DE LOS INGREDIENTES POR (m³) DE CONCRETO

Ingrediente	Peso Seco kg/m ³	Volumen Absoluto lt/m ³	Peso específico kg/m ³
<i>Cemento</i>	397,83	126,70	3,14
<i>Agua</i>	183,00	183,00	1,00
<i>Grava</i>	1123,50	421,57	2,67
<i>Arena</i>	682,41	268,73	2,54

Tabla 4-19
PESO HÚMEDO DE LOS MATERIALES

Peso Húmedo de la arena (Pha)	= Paf x (1 + Ha)	
	684,26	kg/m ³
Peso Húmedo de la Grava (Phg)	= Pag x (1 + Hg)	
	1129,46	kg/m ³

CORRECCIÓN DEL AGUA

Agua corregida a la grava (A_{cg})	= $P_{ag} \times (A_g - H_g)$	
	13,47	lt/m ³
Agua corregida a la Arena (A_{cf})	= $P_{af} \times (A_a - H_a)$	
	6,31	lt/m ³
Total Agua Corregida (A_{tc})	= $A_{cg} + A_{cf}$	
	19,78	lt/m ³

PESO HÚMEDO DE LOS INGREDIENTES POR (m³) DE CONCRETO

Ingrediente	Peso Húmedo kg/m ³
<i>Cemento</i>	397,83
<i>Agua</i>	202,78
<i>Grava</i>	1129,46
<i>Arena</i>	684,26

Tabla 4-20

PROPORCIONES DE MEZCLA

<i>Cemento</i>	<i>Arena</i>	<i>Grava</i>
1,0	1,7	2,8

4.3.2.- DOSIFICACIÓN DE MEZCLA POR MOLDE

✓ Fig. 4-28. Moldes para vigas (Mezcla por Unidad)



h = 15 cm

Ancho = 15 cm

Largo = 55 cm

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4 -21

CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN VIGA DE CONCRETO

- Con 10% de pérdidas

Hormigon	Altura	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Grava (Kg)	Agua (Lts)
Carpeta	10cm	3,6	6,2	10,2	1,7
Sobre carpeta	5 cm	1,8	3,1	5,1	0,85

✓ Fig. 4-29. Moldes para Probetas Circulares (Mezcla por Unidad)



h = 15 cm

Ancho = 15 cm

Diámetro = 15 cm

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4 -22

CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN PROBETA DE CONCRETO

- **Con 10% de pérdidas**

Hormigon	Altura	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Grava (Kg)	Agua (Lts)
Carpeta	10cm	0,8	1,3	2,2	0,4
Sobre carpeta	5 cm	0,4	0,65	1,1	0,2

4.4.- PRUEBA TÉCNICA PARA MEDIR LA CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN.

Cono de asentamiento o Slump (cono de Abrams). Es una prueba sencilla, fácil de hacer y relativamente de bajo costo. Si se realiza siguiendo el procedimiento que se señala a continuación, constituye un medio adecuado para controlar la uniformidad de las mezclas.

Fig. 4-30. Cono de Abrams



Fuente: Elaboración Propia.

Para diferentes estructuras y condiciones de colocación del concreto hay diferentes asentamientos apropiados:

- Para losa y pavimentos compactados manualmente con varilla el asentamiento debe ser del orden de 50- 100 mm. (2"- 4").

- Para secciones muy reforzadas y donde la colocación del concreto sea difícil, un asentamiento de 100- 150 mm. (4"- 6") es el adecuado.
- Para la mayoría de mezclas de concreto en obras medianas y pequeñas una consistencia plástica corresponde a un asentamiento entre 50- 100mm. (2"- 4").

Para el ensayo de asentamiento se requiere del siguiente equipo:

- ✓ Un molde cónico de 203 mm $\pm$ 3 mm de diámetro en la base mayor, 102 mm $\pm$ 3 mm. En la base menor y 305mm $\pm$ 3mm de alto.
- ✓ Una varilla compactadora o apisonadora de acero, cilíndrica y lisa de 16 mm de diámetro, una longitud aproximada de 600 mm y la punta redondeada.

El molde puede ser elaborado de lámina de acero inoxidable o lámina galvanizada calibre 16. Es preferible soldarlo cuidando que quede liso por dentro sin reborde de soldadura.

La muestra de concreto debe tomarse de en una misma tanda o masada de la porción central del volumen de la descarga de la mezcladora y con un recipiente que abarque todo el chorro de la descarga. En caso de mezclas hechas a mano, la muestra se toma de la pila de concreto, al menos de 5 puntos distintos, después se remezclan y se pasan al ensayo de asentamiento inmediatamente.

El ensayo de asentamiento se hace de la siguiente manera:

- ✓ Se humedece el interior del molde y la base sobre la cual se hará el ensayo, la que debe ser firme, plana, nivelada y no absorbente. Se sujeta el molde firmemente con los pies y se llena 1/3 del volumen del cono que corresponde a una altura de 64 cm. sobre la base.
- ✓ Se apisona 25 veces con la varilla compactadora evitando que la misma toque la base en que se apoya el cono.
- ✓ Se coloca una segunda capa de un tercio del volumen que corresponde a una altura de 15 cm. Sobre la base. Y se puya 25 veces cuidando que la varilla penetre ligeramente la capa anterior.

- ✓ Se llena el molde colocando un poco más del concreto necesario y se golpea 25 veces penetrando ligeramente la capa anterior. Se aparta el concreto que haya caído ligeramente alrededor del molde.
- ✓ Se levanta el molde verticalmente en 5 a 10 segundos, sin impactarle movimiento lateral o de torsión.
- ✓ Se coloca el molde al lado del concreto ensayado y se mide la distancia entre la varilla colocada sobre el molde y la cara superior del concreto, a esta distancia en cm., mm, o pulgadas se le llama ASENTAMIENTO.
- ✓ Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o resquebrajamiento del concreto, hacia un lado, el ensayo debe repetirse desechando el concreto del ensayo anterior.
- ✓ La pastosidad o plasticidad del concreto influida también por los finos puede observarse golpeando el concreto de lado con la varilla.
- ✓ Un resquebrajamiento brusco indica que le falta arena y un aplazamiento progresivo indica que tiene suficientes finos.

4.5.- ELABORACIÓN DE LA CARPETA DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Para la elaboración de la carpeta de pavimento rígido se utilizó moldes de vigas con dimensiones de (55cm de largo, 15cm de ancho y 10 de alto) y probetas circulares con un diámetro de 15 cm y una altura de 10 cm, los mismos que representaran a una losa de pavimento rígido.

La carpeta del pavimento rígido tiene una **altura de 10 cm** y se realizó con el siguiente procedimiento:

PASO 1: Preparación de la mezcla de concreto

Para la preparación de la mezcla pesamos todos los componentes (Grava, arena cemento y agua), basada en la dosificación de la ACI-211 detallada anteriormente,

que cumplió con la resistencia específica para pavimento rígido de 240 kg/cm^2 , se procedió a su mezcla. Para su fabricación se utilizó una mezcladora de hormigón.

En primer lugar se puso aproximadamente $\frac{3}{4}$ del peso total del agua y todo el cemento y se dejó amasar hasta conseguir una mezcla homogénea, a continuación se añadió la arena, la grava y el resto del agua, y antes de verter el hormigón en los moldes se comprobó con el cono de Abrams el asentamiento que es un método para verificar que se tenga una mezcla trabajable y homogénea.

Fig. 4-31 Elaboración de la mezcla de concreto



Fig. 4-32. Mezcla para la elaboración de la carpeta



Fig. 4-33. Medición del asentamiento



PASO 2: Preparación de los moldes

Para la realización de los ensayos se han utilizado probetas cilíndricas y moldes de vigas. Los moldes debían estar limpios y con la superficie interior totalmente lisa. Antes del vertido del hormigón se cubrió con una película desengrasante para evitar que el hormigón se pudiera adherir al molde.

Fig. 4-34. Molde para vigas



Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 4-35. Molde para probetas circulares



PASO 3: Vertido y compactado del hormigón

Para el llenado de los moldes se vertió el hormigón en tres tongadas, cada una de aproximadamente $\frac{1}{3}$ del espesor de la carpeta.

Inmediatamente después del vertido del hormigón de cada tongada se efectuó la compactación manual realizada con la barra compactadora, se sometió el hormigón a 25 golpes por capa y después se golpeó lateralmente el molde de forma cuidadosa hasta que las burbujas de aire mayores desaparecieron de la superficie para evitar los vacíos. Se niveló sobre el borde superior del molde hasta conseguir una cara perfectamente plana y lisa y se le dejó durante 24 horas en el molde a temperatura ambiente.

Fig. 4-36. Apisonado la mezcla en las vigas



Fig. 4-37. Apisonado la mezcla en las probetas



Fig. 4-38. Nivelando la mezcla de concreto



PASO 4: Desmoldado de las probetas

Transcurrida las 24 horas se procedió a desmoldar el hormigón de las vigas y probetas circulares cuidadosamente para evitar dañarlas y finalmente se le dejó a la intemperie del tiempo.

Fig. 4-39. Desmoldando las probetas circulares



Fig. 4-40. Desmoldando las vigas



4.6.- PROCESO DE FISURACIÓN DE LAS PROBETAS CIRCULARES Y VIGAS EN ESTUDIO.

La aparición de las fisuras en las probetas circulares y rectangulares se dio por:

- **Retracción de fraguado.**- Ocurrió a muy temprana edad como consecuencia de los cambios de temperatura durante los procesos de hidratación y fraguado al encontrarse a la intemperie del tiempo.
- **Fatiga.**- Al ser sometidas a una carga constante simulando al peso del tráfico pero en menor proporción.

4.6.1.-FORMA DE MEDICIÓN

La medición de las fisuras se realizó:

- En centímetros para la longitud de la fisura.
- En milímetros para el ancho de la fisura.
- En cm^2 para el área de fisuración de cada probeta.

Fig. 4-41. Midiendo la fisura en la probeta circular



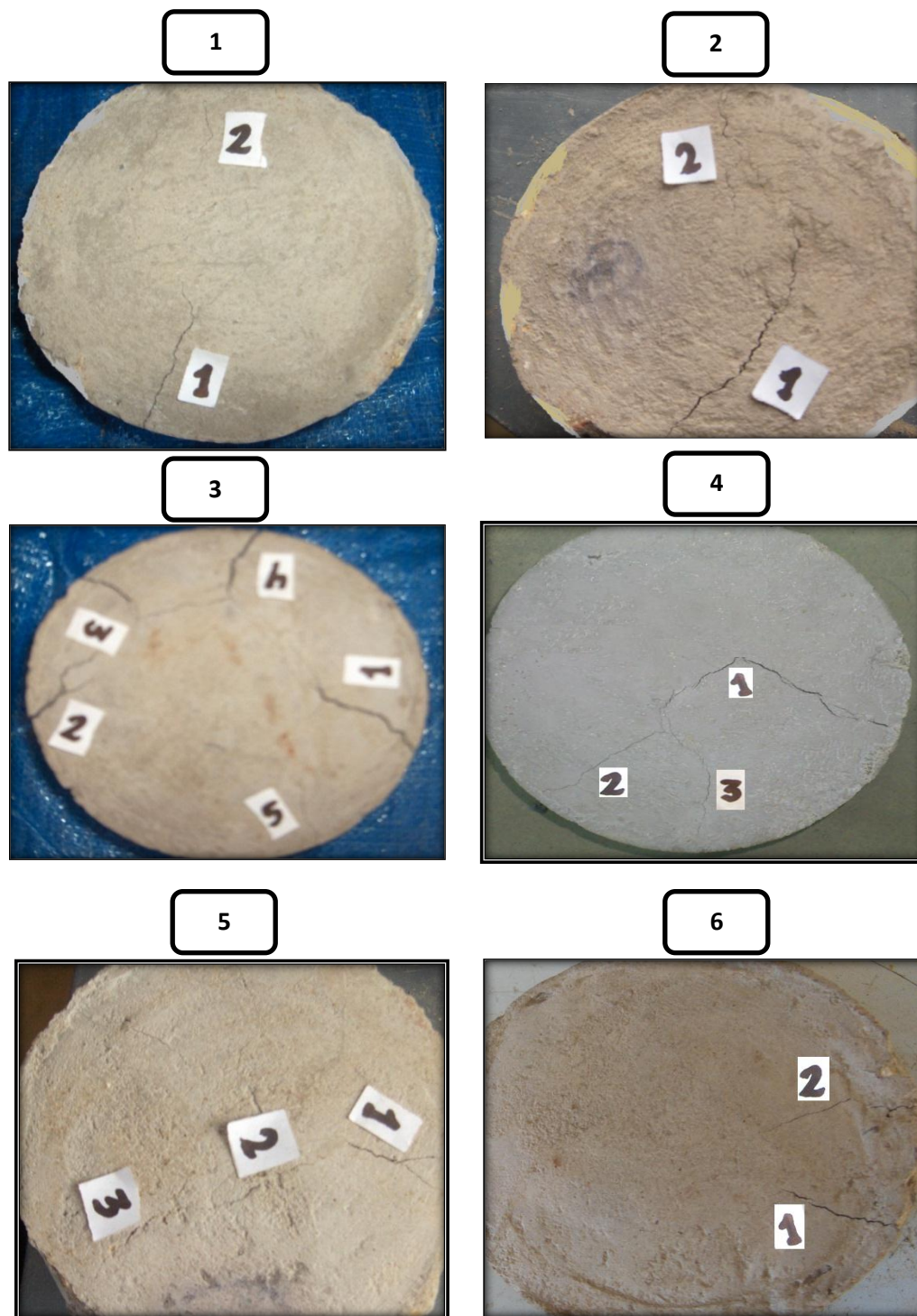
Fig. 4-42. Midiendo la fisura en la viga



Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.- GRÁFICOS DE PROBETAS CIRCULARES FISURADAS

(Vista en planta)



Fuente: Elaboración Propia.

7



8



9



10



11



12



Fuente: Elaboración Propia.

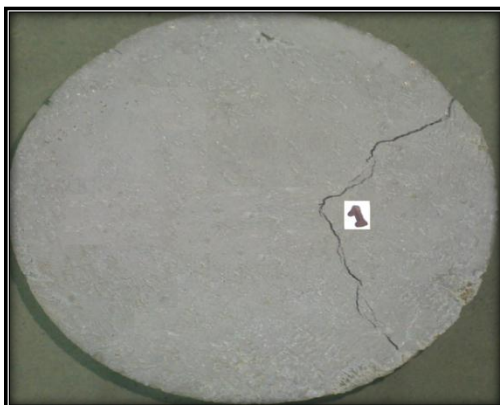
13



14



15



16



17



18



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 - 23

EVALUACION DE FISURACION DE LAS PROBETAS CIRCULARES

Nº DE PROBETA	Nº DE FISURA	DIMENSIONES		AREA TOTAL DE LA PROBETA	AREA DE FISURACION	PORCENTAJE DE FISURACION	CLASIFICACION DE LA FISURA SEGÚN SU ORIGEN
1	1	LARGO =	5,3 cm	176,71 cm ²	0,61 cm ²	0,35 %	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	1,0 mm				
	2	LARGO =	2,5 cm				
		ANCHO =	0,3 mm				
2	1	LARGO =	8,5 cm	176,71 cm ²	1,19 cm ²	0,67 %	Fatiga
		ANCHO =	1,2 mm				
	2	LARGO =	5,5 cm				
		ANCHO =	0,3mm				
3	1	LARGO =	6 cm	176,71 cm ²	2,32 cm ²	1,31%	Fatiga
		ANCHO =	1,1 mm				
	2	LARGO =	5 cm				
		ANCHO =	1,2 mm				
	3	LARGO =	4 cm				
		ANCHO =	1 mm				
	4	LARGO =	4 cm				
		ANCHO =	1,2 mm				
	5	LARGO =	6 cm				
		ANCHO =	0,3 mm				

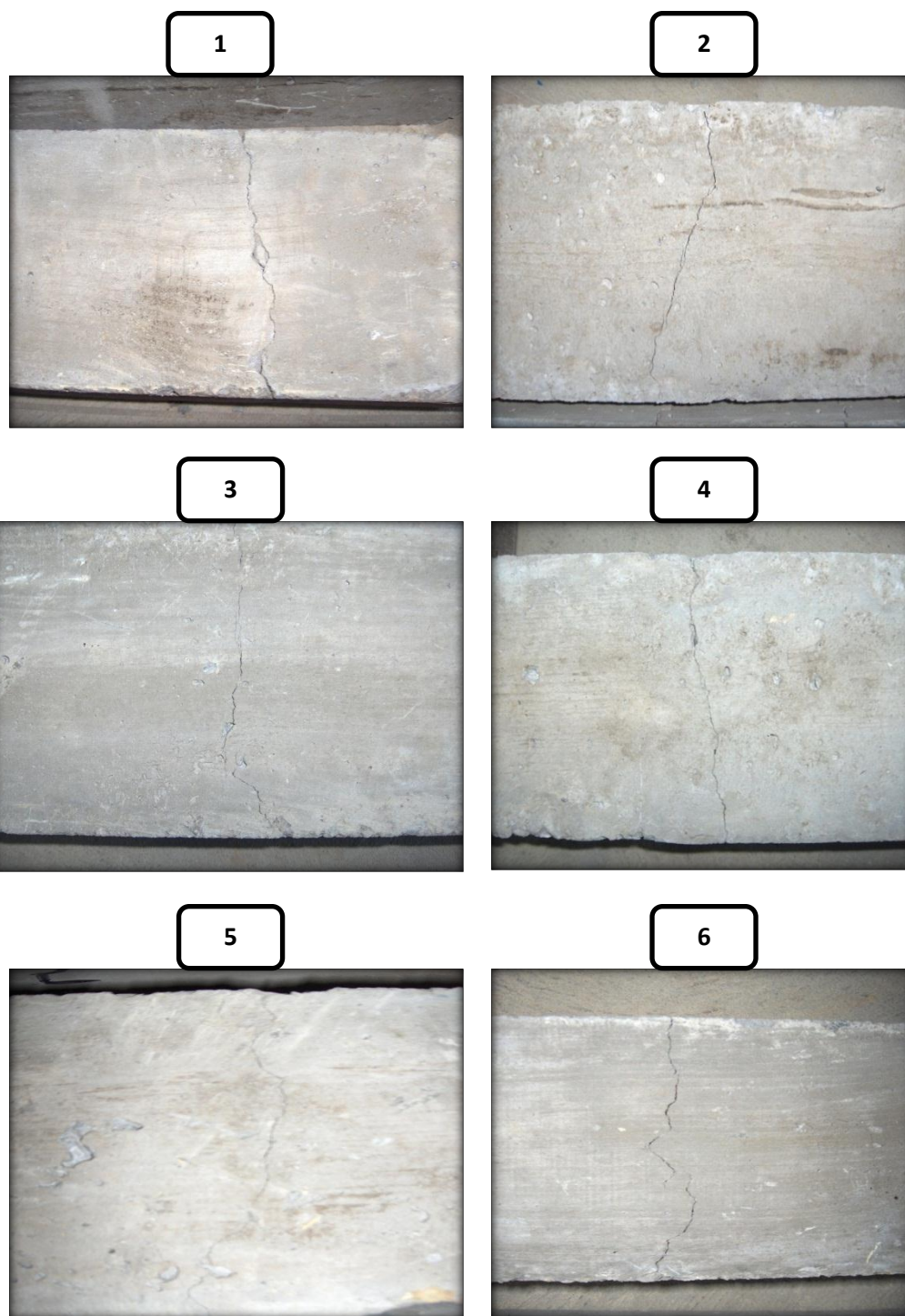
4	1	LARGO =	10,5 cm	176,71 cm ²	1,43 cm ²	0,81%	Fatiga
		ANCHO =	1,0 mm				
	2	LARGO =	5,6 cm				
		ANCHO =	0,3 mm				
	3	LARGO =	7,2 cm				
		ANCHO =	0,3 mm				
5	1	LARGO =	3,5 cm	176,71 cm ²	0,65 cm ²	0,37%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,8 mm				
	2	LARGO =	3 cm				
		ANCHO =	0,8 mm				
	3	LARGO =	2,5 cm				
		ANCHO =	0,5 mm				
6	1	LARGO =	5 cm	176,71 cm ²	0,78 cm ²	0,44%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	1 mm				
	2	LARGO =	5,5 cm				
		ANCHO =	0,5 mm				
7	1	LARGO =	6 cm	176,71 cm ²	1,19 cm ²	0,67 %	Fatiga
		ANCHO =	1,0 mm				
	2	LARGO =	5,9 cm				
		ANCHO =	1,0 mm				
8	1	LARGO =	2,3 cm	176,71 cm ²	0,16 cm ²	0,10 %	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,3 mm				
	2	LARGO =	3 cm				
		ANCHO =	0,3mm				
9	1	LARGO =	12 cm	176,71 cm ²	0,60 cm ²	0,34 %	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,5 mm				

Nº DE PROBETA	Nº DE FISURA	DIMENSIONES		AREA TOTAL DE LA PROBETA	AREA DE FISURACION	PORCENTAJE DE FISURACION	CLASIFICACION DE LA FISURA SEGÚN SU ORIGEN
10	1	LARGO =	4 cm	176,71 cm ²	0,40 cm ²	0,23 %	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,3 mm				
	2	LARGO =	3,5 cm				
		ANCHO =	0,3 mm				
	3	LARGO =	3,5 cm				
		ANCHO =	0,5 mm				
11	1	LARGO =	5 cm	176,71 cm ²	0,80 cm ²	0,45 %	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	1,0mm				
	2	LARGO =	3 cm				
		ANCHO =	0,8 mm				
	3	LARGO =	2 cm				
		ANCHO =	0,3 mm				
12	1	LARGO =	7 cm	176,71 cm ²	0,72 cm ²	0,41 %	Fatiga
		ANCHO =	0,5 mm				
	2	LARGO =	3,5 cm				
		ANCHO =	0,8 mm				
	3	LARGO =	3 cm				
		ANCHO =	0,3 mm				
13	1	LARGO =	5 cm	176,71 cm ²	0,65 cm ²	0,37 %	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,5 mm				
	2	LARGO =	4 cm				
		ANCHO =	1,0 mm				

14	1	LARGO =	5,0 cm	176,71 cm ²	0,61 cm ²	0,35 %	Fatiga
		ANCHO =	0,5mm				
	2	LARGO =	4,5 cm				
		ANCHO =	0,8 mm				
15	1	LARGO =	16,6 cm	176,71 cm ²	1,83 cm ²	1,04%	Fatiga
		ANCHO =	1,1 mm				
16	1	LARGO =	4 cm	176,71 cm ²	0,29 cm ²	0,16 %	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,5 mm				
	2	LARGO =	3 cm				
		ANCHO =	0,3 mm				
17	1	LARGO =	6 cm	176,71 cm ²	0,76 cm ²	0,43 %	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,7 mm				
	2	LARGO =	2 cm				
		ANCHO =	0,5 mm				
	3	LARGO =	3 cm				
		ANCHO =	0,8 mm				
18	1	LARGO =	7 cm	176,71 cm ²	0,70 cm ²	0,40%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	1 mm				

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.3.- GRÁFICOS DE LAS VIGAS FISURADAS (vista en planta)



Fuente: Elaboración Propia.

7



8



9



10



11



12



Fuente: Elaboración Propia.

13



14



15



16



17



18



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 4 -24
EVALUACION DE FISURACION DE LAS VIGAS

Nº DE PROBETA	Nº DE FISURA	DIMENSIONES		AREA TOTAL DE LA PROBETA	AREA DE FISURACION	PORCENTAJE DE FISURACION	CLASIFICACION DE LA FISURA SEGÚN SU ORIGEN
1	1	LARGO =	16 cm	825,0 cm ²	2,4 cm ²	0,29%	Fatiga
		ANCHO =	1,5 mm				
2	1	LARGO =	18 cm	825,0 cm ²	1,80 cm ²	0,22%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	1,0 mm				
3	1	LARGO =	16,5 cm	825,0 cm ²	1,32 cm ²	0,16%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,8 mm				
4	1	LARGO =	14,5 cm	825,0 cm ²	1,45 cm ²	0,18%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	1,0 mm				
5	1	LARGO =	10,5 cm	825,0 cm ²	0,84 cm ²	0,10%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,8 mm				
6	1	LARGO =	17 cm	825,0 cm ²	2,55 cm ²	0,31%	Fatiga
		ANCHO =	1,5 mm				
7	1	LARGO =	16,5 cm	825,0 cm ²	1,65 cm ²	0,20%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	1,0 mm				
8	1	LARGO =	16,8 cm	825,0 cm ²	1,68 cm ²	0,20%	Fatiga
		ANCHO =	1,0 mm				
9	1	LARGO =	12 cm	825,0 cm ²	1,8 cm ²	0,22%	Fatiga
		ANCHO =	1,5 mm				

10	1	LARGO =	17,8 cm	825,0 cm ²	2,67 cm ²	0,32%	Fatiga
		ANCHO =	1,5 mm				
11	1	LARGO =	10,0 cm	825,0 cm ²	1,0 cm ²	0,12%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	1,0 mm				
12	1	LARGO =	16,0 cm	825,0 cm ²	1,92 cm ²	0,23%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	1,2 mm				
13	1	LARGO =	12 cm	825,0 cm ²	0,96 cm ²	0,12%	Fatiga
		ANCHO =	0,8 mm				
14	1	LARGO =	11,0 cm	825,0 cm ²	0,88 cm ²	0,11%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,8mm				
15	1	LARGO =	14,8 cm	825,0 cm ²	1,78 cm ²	0,22%	Fatiga
		ANCHO =	1,2 mm				
16	1	LARGO =	14,2 cm	825,0 cm ²	2,13 cm ²	0,26%	Fatiga
		ANCHO =	1,5 mm				
17	1	LARGO =	17 cm	825,0 cm ²	1,36 cm ²	0,16%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,8 mm				
18	1	LARGO =	15,3 cm	825,0 cm ²	1,22 cm ²	0,15%	Retracción de Fraguado
		ANCHO =	0,8 mm				

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.- APLICACIÓN DEL GEOSINTÉTICO A LAS VIGAS Y PROBETAS CIRCULARES FISURADAS

Para la aplicación de los geosintéticos en las probetas circulares y vigas fisuradas se realizó con dos tipos de materiales: geogrilla y geocompuesto.

Fig. 4-43. Geogrilla

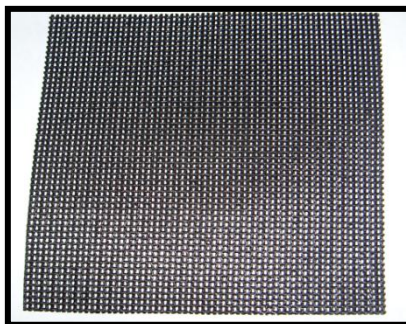


Fig. 4-44. Geocompuesto



Fuente: Elaboración Propia.

PASO 1: Medición y cortado del Geosintético

Se realizó la medición del área de las probetas circulares y de las vigas, luego con una tijera se cortó el geosintético con las mismas dimensiones y se verificó.

Fig. 4-45. Midiendo la geogrilla a las probetas circulares



Fig. 4-46. Verificando el tamaño del geocompuesto en las probetas



Fuente: Elaboración Propia.

PASO 2: Colocación del geosintético en los moldes

Se introdujo la geogrilla y el geocompuesto a los moldes de las vigas y las probetas circulares fisuradas de forma que quede el geosintético intacto cubriendo toda el área de la probeta.

Fig. 4-47. Colocando el geocompuesto en las vigas fisuradas



Fig. 4-48. Colocando la geogrilla en las vigas fisuradas



Fuente: Elaboración Propia.

4.8.- ELABORACIÓN DE LA SOBRE CARPETA DEL PAVIMENTO RÍGIDO

La sobre carpeta se realizó a través de un recapamiento sobre las vigas y probetas circulares fisuradas, aplicadas con el geosintético como un anti reflejo de fisuras.

Para la elaboración de la sobre carpeta se hizo una distribución de las vigas y probetas circulares en 3 grupos diferentes:

- Ensayos sin geosintético

Fig. 4-49. Seis probetas circulares sin geosintético



Fig. 4-50. Seis vigas sin geosintético



- **Ensayo con GEOGRILLA**

Fig. 4-51. Seis probetas circulares con geogrilla.

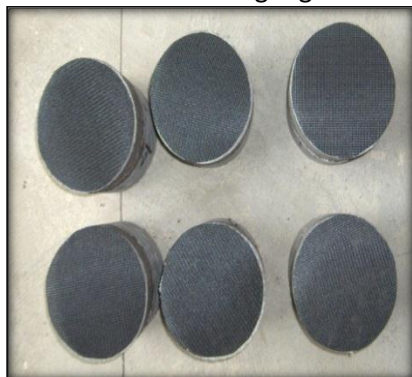


Fig. 4-52. Seis vigas con geogrilla.



- **Ensayos con GEOCOMPUESTO**

Fig. 4-53. Seis probetas circulares con geocompuesto



Fig. 4-54. Seis vigas con geocompuesto



Fuente: Elaboración Propia.

El sobre carpeta tiene una **altura de 5 cm** y se realizó con el siguiente procedimiento:

PASO 1: Preparación de la mezcla de concreto

Una vez pesados todos los componentes (Grava, arena cemento y agua), basada en la dosificación de la ACI-211 detallada anteriormente, se procedió a su mezcla. Para su fabricación se utilizó una mezcladora de hormigón.

En primer lugar se puso aproximadamente $\frac{3}{4}$ del peso total del agua y todo el cemento y se dejó amasar hasta conseguir una mezcla homogénea, a continuación se

añadió la arena, la grava y el resto del agua, y antes de verter el hormigón en los moldes se comprobó con el cono de Abrams el asentamiento que es un método para verificar que se tenga una mezcla trabajable y homogénea.

Fig. 4-55. Componentes del concreto



Fig. 4-56. Preparación de la mezcla de concreto



PASO 2: Preparación de los moldes

Se introdujo a los moldes la carpeta de hormigón fisurado y se cubrió a las paredes una película de desencofrante para evitar que el hormigón se pudiera adherir al molde.

Fig. 4-57. Probeta circular de geocompuesto con desencofrante



Fig. 4-58. Probeta circular de geogrilla con desencofrante



PASO 3: Vertido y compactado del hormigón

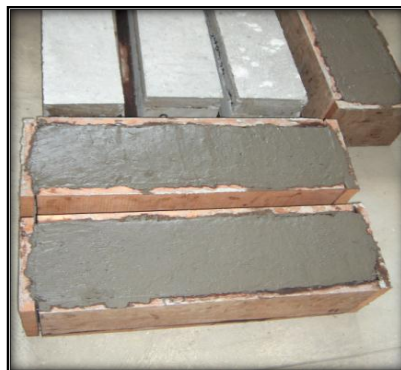
Para el llenado de los moldes se vertió el hormigón en tres tongadas, cada una de aproximadamente $\frac{1}{3}$ del espesor de la sobre carpeta.

Inmediatamente después del vertido del hormigón de cada tongada se efectuó la compactación manual realizada con la barra compactadora, se sometió el hormigón a 25 golpes por capa y después se golpeó lateralmente el molde de forma cuidadosa hasta que las burbujas de aire mayores desaparecieron de la superficie para evitar los vacíos. Se niveló sobre el borde superior del molde hasta conseguir una cara perfectamente plana y lisa y se le dejó durante 24 horas en el molde a temperatura ambiente.

Fig. 4-59. Apisonando y nivelando el concreto en las probetas circulares.



Fig. 4-60. Vigas con concreto niveladas



PASO 4: Desmoldado de las probetas

Transcurrida las 24 horas se procedió a desmoldar el hormigón de las vigas y probetas circulares cuidadosamente para evitar dañarlas y finalmente se le dejó a la intemperie del tiempo.

Fig. 4-61. Probetas circulares desmoldadas



Fig. 4-62. Vigas desmoldadas



4.8.1.- GRÁFICO DEL RECAPAMIENTO DEL HORMIGÓN EN LAS VIGAS (Vista Lateral)

Fig. 4-63. Recapamiento de hormigón sin geosintético en vigas



Fig. 4-64. Recapamiento de hormigón con Geogrilla en vigas



Fig. 4-65. Recapamiento de hormigón con Geocompuesto en vigas



Fuente: Elaboración Propia.

4.8.2.- GRÁFICO DEL RECAPAMIENTO DEL HORMIGÓN EN LAS PROBETAS CIRCULARES (Vista Lateral)

Fig. 4-66. Recapamiento de hormigón sin geosintético en probetas



Fig. 4-67. Recapamiento de hormigón con Geogrilla en probetas



Fig. 4-68. Recapamiento de hormigón con Geocompuesto en probetas



Fuente: Elaboración Propia.

4.9.- EVALUACIÓN DE LOS REFLEJOS DE FISURACIÓN

Para la evaluación de los reflejos de fisuración en las probetas con y sin geosintético se dejó esperar un tiempo de 14 días, colocadas las probetas a la intemperie del tiempo recibiendo temperaturas de menor y mayor rango, además de estar ventiladas por el viento y recibiendo una carga constante que cubra toda el área de las probetas.

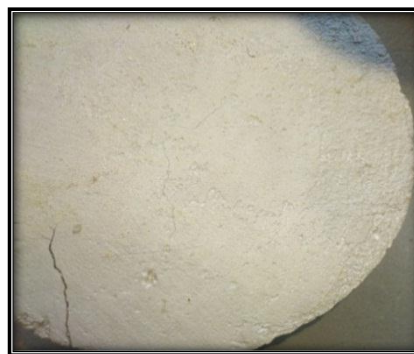
El propósito fue semejarle a las condiciones del tiempo a la que está sometida una losa de hormigón en pavimento rígido.

1.-El proceso del reflejo de fisuración se dio en toda las probetas sin geosintético, la fisura de la carpeta se reflejó en la sobre carpeta pero en menor magnitud.

Fig. 4-69. Fisuras en la carpeta antigua



Fig. 4-70. Fisura en la sobre carpeta



2.-Mientras que en las probetas con geosintético (geogrilla y geocompuesto) no presentaron ningún tipo de reflejo de fisuración.

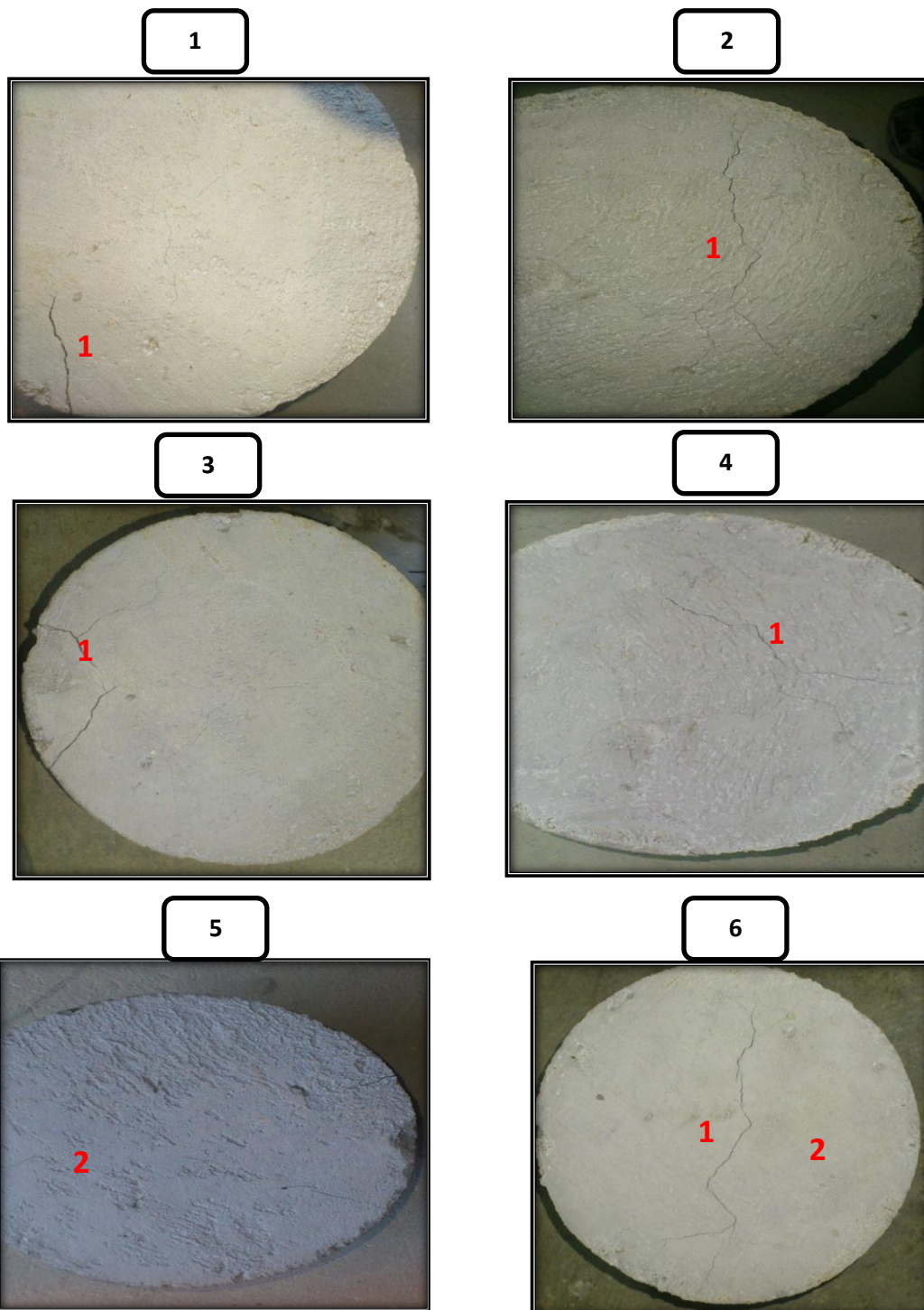
Fig. 4-71. Fisuras en la carpeta antigua



Fig. 4-72. Sobre carpeta sin ningún tipo de fisura



4.9.1.- RESULTADOS DE LOS REFLEJOS DE FISURAS EN PROBETAS CIRCULARES SIN GEOSINTÉTICO (Vista en planta)



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-25

**RESULTADOS DEL REFLEJO DE FISURACIÓN EN LAS PROBETAS SIN
EL USO DEL MATERIAL GEOSINTÉTICO**

Nº DE PROBETA	Nº DE FISURA	DIMENSIONES		AREA TOTAL DE LA PROBETA	AREA DEL REFLEJO DE FISURACION	PORCENTAJE DEL AREA DEL REFLEJO FISURACION
1	1	LARGO =	5 cm	176,71 cm ²	0,5 cm ²	0,28%
		ANCHO =	1,0 mm			
2	1	LARGO =	11 cm	176,71 cm ²	0,55 cm ²	0,31%
		ANCHO =	0,5 mm			
3	1	LARGO =	3,5 cm	176,71 cm ²	0,64 cm ²	0,36%
		ANCHO =	0,8 mm			
	2	LARGO =	4,5 cm			
		ANCHO =	0,8 mm			
4	1	LARGO =	9,3 cm	176,71 cm ²	0,57 cm ²	0,32%
		ANCHO =	0,5 mm			
	2	LARGO =	3,5 cm			
		ANCHO =	0,3 mm			
5	1	LARGO =	12 cm	176,71 cm ²	0,60 cm ²	0,34%
		ANCHO =	0,5 mm			
6	1	LARGO =	2,5 cm	176,71 cm ²	0,20 cm ²	0,11%
		ANCHO =	0,3 mm			
	2	LARGO =	4,2 cm			
		ANCHO =	0,3 mm			

Fuente: Elaboración Propia.

4.9.2.- RESULTADOS DE LOS REFLEJOS DE FISURAS EN PROBETAS CIRCULARES CON GEOGRILLA (Vista en planta)

7



8



9



10



11



12



OBSERVACIONES.-No presentaron ningún reflejo de fisuración en la sobre carpeta.

4.9.3.- RESULTADOS DE LOS REFLEJOS DE FISURAS EN PROBETAS CIRCULARES CON GEOCOMPUESTO (Vista en planta)

13



15



16



17

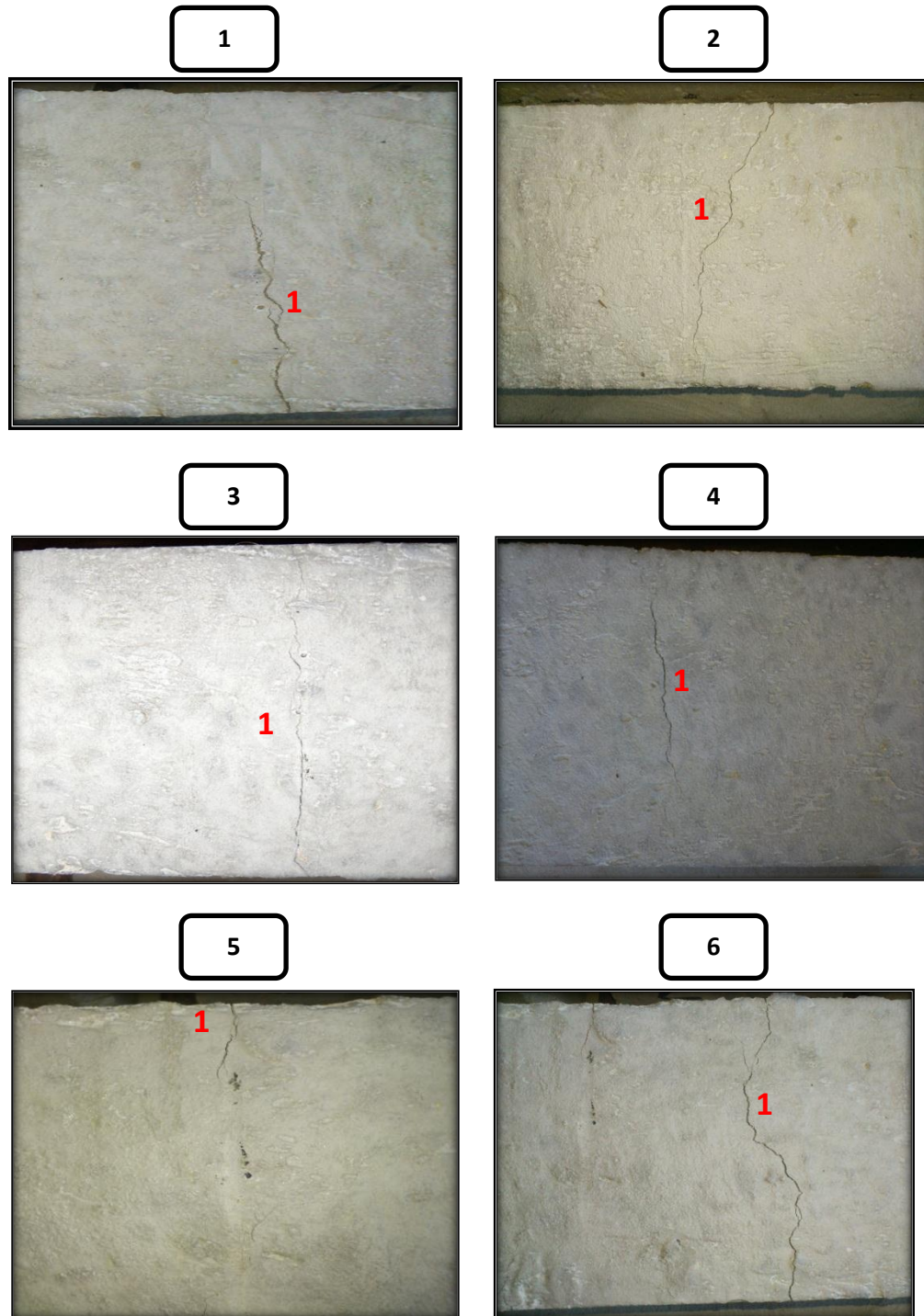


18



OBSERVACIONES.- No presentaron ningún reflejo de fisuración en la sobre carpeta.

4.9.4.- RESULTADOS DE LOS REFLEJOS DE FISURAS EN LAS VIGAS SIN EL USO DE GEOSINTÉTICOS (Vista en planta)



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-26

**RESULTADOS DEL REFLEJO DE FISURACIÓN EN LAS VIGAS DE
CONCRETO SIN EL USO DEL MATERIAL GEOSINTÉTICO**

Nº DE VIGA	Nº DE FISURA	DIMENSIONES		AREA TOTAL DE LA PROBETA	AREA DEL REFLEJO DE FISURACION	PORCENTAJE DEL AREA DEL REFLEJO FISURACION
1	1	LARGO =	9,5 cm	825,0 cm ²	1,24 cm ²	0,15%
		ANCHO =	1,3 mm			
2	1	LARGO =	15,8 cm	825,0 cm ²	1,58 cm ²	0,19%
		ANCHO =	1,0 mm			
3	1	LARGO =	15,5 cm	825,0 cm ²	1,24 cm ²	0,15%
		ANCHO =	0,8 mm			
4	1	LARGO =	8,0 cm	825,0 cm ²	0,80 cm ²	0,10%
		ANCHO =	1,0 mm			
5	1	LARGO =	4,0 cm	825,0 cm ²	0,40 cm ²	0,05%
		ANCHO =	1,0 mm			
6	1	LARGO =	17,2 cm	825,0 cm ²	2,06 cm ²	0,25%
		ANCHO =	1,2 mm			

Fuente: Elaboración Propia.

**4.9.5.- RESULTADOS DE LOS REFLEJOS DE FISURAS EN VIGAS CON
EL USO DE GEOGRILLA COMO ANTI REFLEJO (Vista en planta)**

7



8



9



10



11



12



OBSERVACIONES.- No presentaron ningún reflejo de fisuración en la sobre carpeta.

**4.9.6.- RESULTADOS DE LOS REFLEJOS DE FISURAS EN VIGAS CON
EL USO DE GEOCOMPUESTO COMO ANTI REFLEJO (Vista en planta)**

13



14



15



16



17



18



OBSERVACIONES.- No presentaron ningún reflejo de fisuración en la sobre carpeta.

4.10.- ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS GEOSINTÉTICO USADOS COMO ANTI-REFLEJOS DE FISURAS.

Para evaluación de la eficiencia de los geosintético usados como anti-reflejos de fisuras se le aplico a todas las probetas circulares distintas cargas dejándole durante unos minutos y luego se verifico el reflejo de fisuras en la sobre carpeta.

Fig. 4-73. Aplicación de la carga en probetas con geosintético



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-27 RESULTADOS DEL REFLEJO DE FISURACIÓN EN PROBETAS CIRCULARES CON LA APLICACIÓN DE CARGA

CARGA	MATERIAL	N° DE PROBETA	REFLEJO DE FISURACION	PORCENTAJE DEL REFLEJO DE FISURACION
3 TONELADAS	GEOGRILLA	Probeta 1	NO	0%
		Probeta 2	NO	
		Probeta 3	NO	
		Probeta 4	NO	
		Probeta 5	NO	
		Probeta 6	NO	
	GEOCOMPUESTO	Probeta 1	NO	0%
		Probeta 2	NO	
		Probeta 3	NO	
		Probeta 4	NO	
		Probeta 5	NO	
		Probeta 6	NO	

5 TONELADAS	GEOGRILLA	Probeta 1	NO	0%
		Probeta 2	NO	
		Probeta 3	NO	
		Probeta 4	NO	
		Probeta 5	NO	
		Probeta 6	NO	
	GEOCOMPUESTO	Probeta 1	SI	33,33 %
		Probeta 2	NO	
		Probeta 3	NO	
		Probeta 4	NO	
		Probeta 5	SI	
		Probeta 6	NO	
8 TONELADAS	GEOGRILLA	Probeta 1	NO	17%
		Probeta 2	SI	
		Probeta 3	NO	
		Probeta 4	NO	
		Probeta 5	NO	
		Probeta 6	NO	
	GEOCOMPUESTO	Probeta 1	SI	50%
		Probeta 2	NO	
		Probeta 3	SI	
		Probeta 4	NO	
		Probeta 5	SI	
		Probeta 6	NO	

Fuente: Elaboración Propia.

4.11.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- Para la caracterización de los áridos componentes del concreto que se utilizó en la ejecución de la investigación, se hizo una comparación con los rangos de la norma ASTM C-33 de construcción.

Tabla 4-28 Rangos de Valores específicos según la Norma ASTM C-33

	Unidades	Max	Mini
Tamaño maxino (grava)	mm	38	—
Tamaño maxino (arena)	mm	9,51	—
Modulo de finura (arena)	—	3,1	2,3
Peso especifico (arena y grava)	g/cm ³	2,9	2,4
Peso volumetrico (arena y grava)	kg/m ³	1760	1200
Desgaste de los Angeles (grava)	%	< 40	—

Tabla 4-29

Resultados de los ensayos de laboratorio del Banco de materiales

La Pintada

	Unidades	grava	arena
Tamaño maxino	mm	25	4,75
Modulo de finura	—	—	2,5
Peso Especifico	g/cm ³	2,67	2,54
Peso volumetrico	kg/m ³	1605	1716
Desgaste de los Angeles	%	30,62	—

Realizando esta comparación a través de la norma ASTM se comprobó que los áridos (grava y arena) del banco de material La Pintada cumplen con las condiciones específicas de construcción para la elaboración del concreto en pavimentos rígidos.

- Se evaluó el cemento antes de usar como aglomerante en la mezcla para la elaboración de las probetas y vigas en estudio, de acuerdo a la norma NMX - C-414.

Tabla 4-30

Rangos de Valores específicos del cemento según la Norma NMX-C-414

	Unidades	Max	Mini
Peso Especifico (cemento)	g/cm ³	3,15	2,90
Finura del cemento	%	< 10	< 5

La relación que se utiliza para determinar el porcentaje de finura es la siguiente:

- ✓ Si el % Finura es menor al 5%, significa que este es un cemento Portland de endurecimiento rápido.
- ✓ Si el % es menor que el 10%, es que es un cemento Portland para uso ordinario.

Tabla 4-31

Resultados de los ensayos de laboratorio Cemento El Puente

	Unidades	Cemento
Peso Especifico	g/cm ³	3,12
Finura del cemento	%	6,15

De acuerdo a las especificaciones, este cemento es de uso ordinario y sus valores están dentro del rango especificado por norma.

- La aparición de las fisuras en los pavimentos rígidos según su clasificación de origen se dan en la mayoría por: Retracción de Fraguado y fatiga.
 - ✓ **Retracción de Fraguado.-** Son fisuras que aparecen a muy temprana edad como consecuencia de cambios de temperatura durante los procesos de hidratación y fraguado; las deformaciones que se presentan por la retracción del concreto no son provocados por cargas.

- ✓ **Fisuración por Fatiga.-** Resulta de deformaciones repetidas generadas por esfuerzos de tensión y compresión, producidos por la acción del tránsito. En nuestra investigación se simuló a una fisuración por fatiga a través de una carga constante colocada sobre las probetas y vigas en estudio.

Haciendo una verificación del proceso de fisuración en las probetas circulares y vigas que representan a una losa de pavimento rígido se tuvo los siguientes resultados:

Tabla 4-32

RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE APARICIÓN DE FISURAS EN PROBETAS Y VIGAS

PROBETAS CIRCULARES	CLASIFICACION SEGÚN SU ORIGEN DE FISURACION	PORCENTAJE DE FISURACION
	RETRACCION DE FRAGUADO	61,10%
	FATIGA	38,90%

VIGAS	CLASIFICACION SEGÚN SU ORIGEN DE FISURACION	PORCENTAJE DE FISURACION
	RETRACCION DE FRAGUADO	55,60%
	FATIGA	44,40%

El mayor porcentaje de fisuración se obtuvo por medio de retracción de fraguado a los pocos días de la elaboración de las probetas y vigas de concreto.

- Para la evaluación de los Reflejos de fisuración en las probetas circulares y vigas de concreto se realizó en laboratorio 3 sistemas diferentes:

1.- Sistema de Recapamiento sin el uso de geosintéticos.- En este sistema todas las probetas y vigas fisuradas se les rehabilito con una sobre carpeta de concreto sin el uso de ningún geosintéticos y sus resultados de reflejos de fisuración fueron los siguientes:

Tabla 4-33

RESULTADOS DE FISURACIÓN EN PROBETAS Y VIGAS SIN GEOSINTÉTICO

PROBETAS CIRCULARES		DIFERENCIA
% PROMEDIO DEL AREA DE FISURACION EN LA CARPETA	0,66%	0,37%
% PROMEDIO DEL AREA DE REFLEJO DE FISURACION EN LA SOBRE CARPETA	0,29%	

VIGAS		DIFERENCIA
% PROMEDIO DEL AREA DE FISURACION EN LA CARPETA	0,21%	0,05%
% PROMEDIO DEL AREA DE REFLEJO DE FISURACION EN LA SOBRE CARPETA	0,16%	

Observación.- Los reflejos de fisuración se dieron en la sobre carpeta de todas las probetas y vigas en estudio, pero con mayor magnitud en las vigas.

2.-Sistema de Recapamiento con el uso de geogrilla.- En este sistema todas las probetas y vigas fisuradas se les rehabilito con una sobre carpeta de concreto

utilizando como anti-reflejos de fisuras a la Geogrilla y sus resultados de reflejos de fisuración fueron los siguientes:

Tabla 4-35
RESULTADOS DE FISURACIÓN EN PROBETAS Y VIGAS CON
GEOGRILLA

PROBETAS CIRCULARES		PROCENTAJE DEL REFLEJO DE FISURACION
% PROMEDIO DEL AREA DE FISURACION EN LA CARPETA	0,37	0%
% PROMEDIO DEL AREA DE REFLEJO DE FISURACION EN LA SOBRE CARPETA	0,00	

VIGAS		PROCENTAJE DEL REFLEJO DE FISURACION
% PROMEDIO DEL AREA DE FISURACION EN LA CARPETA	0,22	0%
% PROMEDIO DEL AREA DE REFLEJO DE FISURACION EN LA SOBRE CARPETA	0,00	

Observación.-No presentaron ningún tipo de reflejo de fisuración en la sobre carpeta de las probetas circulares y vigas en estudio.

3.-Sistema de Recapamiento con el uso de geocompuesto.- En este sistema todas las probetas y vigas fisuradas se les rehabilito con una sobre carpeta de concreto utilizando como anti-reflejos de fisuras al geocompuesto y sus resultados de reflejos de fisuración fueron los siguientes:

Tabla 4-36

**RESULTADOS DE FISURACIÓN EN PROBETAS Y VIGAS CON
GEOCOMPUESTO**

PROBETAS CIRCULARES		PROCENTAJE DEL REFLEJO DE FISURACION
% PROMEDIO DEL AREA DE FISURACION EN LA CARPETA	0,46	0%
% PROMEDIO DEL AREA DE REFLEJO DE FISURACION EN LA SOBRE CARPETA	0,00	

VIGAS		PROCENTAJE DEL REFLEJO DE FISURACION
% PROMEDIO DEL AREA DE FISURACION EN LA CARPETA	0,17	0%
% PROMEDIO DEL AREA DE REFLEJO DE FISURACION EN LA SOBRE CARPETA	0,00	

Observación.-No presentaron ningún tipo de reflejo de fisuración en la sobre carpeta de las probetas circulares y vigas en estudio.

NOTA.- En los 3 Sistemas de recapamiento las observaciones se dieron después de la colocación de la sobre carpeta con y sin geosintéticos en un periodo de 14 días dejándole a las probetas circulares y vigas a la intemperie del tiempo recibiendo temperaturas de menor y alto rango, sometidas a una carga constante que cubrió toda el área de las probetas y vigas.

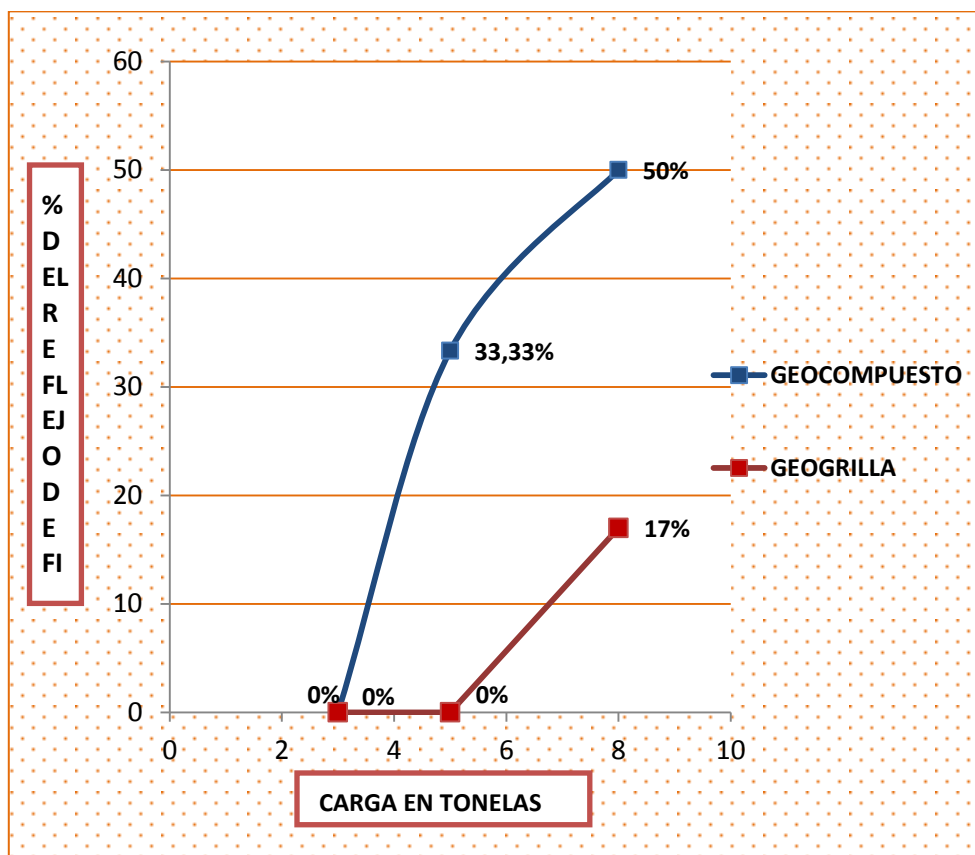
- Para analizar la eficiencia de la mejor alternativa de geosintéticos usados como anti-reflejos de fisuras se aplicó distintas cargas en un periodo de tiempo en las probetas circulares y se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 4-37

**RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE CARGA EN PROBETAS CON
GEOSINTÉTICO**

APLICACIÓN DE CARGA	MATERIAL	% DE REFLEJO DE FISURACION
3 ton	Geogrilla	0%
	Geocompuesto	0%
5 ton	Geogrilla	0%
	Geocompuesto	33,33%
8 ton	Geogrilla	17%
	Geocompuesto	50%

Fig.4-74 CARGA VS PORCENTAJE DE REFLEJOS DE FISURACIÓN EN PROBETAS CIRCULARES CON GEOSINTÉTICO



Fuente: Elaboración Propia.

Observación.- En la tabla y el gráfico se muestra un análisis del porcentaje de reflejo de fisuración de los dos geosintéticos utilizados en la investigación, tomando como el más eficiente el de menor porcentaje de reflejo de fisuras.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIÓN

La presente investigación permitió extraer las siguientes conclusiones:

- En la caracterización de los componentes de concreto se verificó con resultados de laboratorio que según La Norma ASTM C-33, los áridos cumplen favorablemente con las especificaciones para la construcción de pavimentos rígidos.
- De acuerdo a la Norma NMX-C-414, con valores de laboratorio se verificó la finura del cemento utilizado en la investigación y se comprobó que es un cemento Portland para uso ordinario porque tiene una finura de 6,15% y no supera al 10%.
- De acuerdo a la Norma ASTM y con las especificaciones técnicas del distribuidor la geogrilla y el geocompuesto en su constitución presentan resistencias de tracción longitudinal y transversal muy representativas que les permite recibir esfuerzos, cargas y retardar el fisuramiento en los pavimentos rígidos.
- Todas las probetas circulares y vigas de concreto para la investigación fueron elaboradas con moldes de dimensiones estandarizados en laboratorio y en su procedimiento se cumplió con todas las condiciones especificada en la dosificación A.C.I -211.
- El proceso de aparición de fisuras en las probetas circulares y vigas de concreto se dio en un mayor porcentaje a través de la retracción de fraguado debido a que no

se realizó ningún tipo de curado y las probetas y vigas fueron sometidas a la intemperie del tiempo.

CLASIFICACION SEGÚN SU ORIGEN DE FISURACION	PORCENTAJE DE FISURACION EN PROBETAS
RETRACCION DE FRAGUADO	61,10%
FATIGA	38,90%

CLASIFICACION SEGÚN SU ORIGEN DE FISURACION	PORCENTAJE DE FISURACION EN LAS VIGAS
RETRACCION DE FRAGUADO	55,60%
FATIGA	44,40%

- Los reflejos de fisuración en el Sistema de recapamiento de hormigón sin el uso de geosintéticos se dieron en todas las probetas circulares al igual que las vigas. La diferencia de los reflejos de fisuración en comparación con la carpeta son: Probetas circulares de 0,37% y de las vigas de 0,05%.

PROBETAS CIRCULARES		DIFERENCIA
% PROMEDIO DEL AREA DE FISURACION EN LA CARPETA	0,66%	0,37%
% PROMEDIO DEL AREA DE REFLEJO DE FISURACION EN LA SOBRE CARPETA	0,29%	

VIGAS		DIFERENCIA
% PROMEDIO DEL AREA DE FISURACION EN LA CARPETA	0,21%	0,05%
% PROMEDIO DEL AREA DE REFLEJO DE FISURACION EN LA SOBRE CARPETA	0,16%	

- Se comprobó que los reflejos de fisuración fueron más reflejados en las vigas que en las probetas circulares, por tener el área de contacto mayor y ser más representativas que las probetas circulares en el momento de recibir cargas.
- En la aplicación del geosintético como anti- reflejo de fisuras en probetas y vigas de hormigón, se comprobó que la geogrilla y el geocompuesto, cumplen con la función de retardadores de fisuras, que si bien las condiciones de la investigación no son reales pero presentan características de similitud en las losas de pavimento rígido.

MATERIAL	CARGA	TIEMPO (días)	REFLEJO DE FISURACION EN PROBETAS	REFLEJO DE FISURACION EN VIGAS
GEOGRILLA	constante	14	0%	0%
GEOCOMPUESTO	constante	14	0%	0%

- Se analizó y se comprobó que el geosintético más eficiente en la resistencia a cargas elevadas es la geogrilla porque en la aplicación de cargas hasta 8 toneladas solo tuvo un porcentaje de Probetas con reflejo de fisuración en la sobre carpeta del 17%, mientras que el geocompuesto obtuvo un porcentaje de Probetas con reflejos de fisuración del 50%.

Probetas	Material	Nº de Probetas	Carga Tn	Probetas fisuradas	% de Probetas con reflejo de fisuración
Circulares	Geogrilla	6	8	1	17%
	Geocompuesto	6	8	3	50%

- En la aplicación de las distintas cargas se observó que la geogrilla por tener la forma plana permitió el contacto y la adherencia optimo entre las capas y no así el geocompuesto utilizado porque está conformado de una constitución ondulada en el cual al unirse con la mezcla de hormigón se formaron vacíos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para tener una mejor elección del tipo de geosintéticos a utilizar, se recomienda tomar muy en cuenta las características y propiedades de los geosintéticos.
- La clasificación y dimensionamiento de la fisuración son valores imprescindibles, se recomienda manejar el dimensionamiento con mayor exactitud para la obtención de resultados favorables al momento de hacer una comparación con los reflejos de fisuración.
- Se recomienda que la zona afectada por la fisuración debe estar limpia antes de colocar el geosintético para que exista mayor adherencia en el contacto del geosintético con el concreto y trabaje como anti-reflejo de fisuras.
- Se recomienda que los geosintéticos utilizados como anti-reflejos tomen una forma plana y no presenten una constitución ondulada o algo similar para que su funcionalidad sea óptima.
- Si se requiere el uso de geosintéticos como anti-reflejos de fisuras se recomienda utilizar la geogrilla y geocompuesto, pero antes una evaluación real del comportamiento del material, en el lugar donde se rehabilitara el pavimento.