

## **Aplicaciones de Filtración y Drenaje con Geotextiles**

### **2.1 Introducción**

El desagüe de las aguas en muchas de las estructuras de ingeniería civil es muy importante para asegurar el éxito de las mismas. Por ejemplo, si la base granular de una sección del camino no es rápidamente drenada, los esfuerzos debido a las cargas vehiculares son transferidos a la subrasante prácticamente sin ninguna reducción. Si el agua que se acumula atrás de un muro de contención no es removida, los esfuerzos hidrostáticos aumentan la carga que el muro debe soportar.

En ambos casos, el desagüe del agua debe ser realizado de una forma controlada. Sino, podríamos tener problemas de grandes erosiones, fugas de finos, o asentamientos de suelos en las estructuras adjuntas. Por consiguiente, el sistema de drenaje debe proveer el desagüe de las aguas sin una pérdida excesiva de suelos.

Los geotextiles son muy efectivos cuando se usan como filtros. Por su funcionamiento comparativo, economía, propiedades consistentes, y la facilidad de instalación del geotextil, los mismos han exitosamente reemplazados el filtro de materiales granulares en casi todas las aplicaciones de drenaje. Por consiguiente, los geotextiles deben desarrollar las mismas funciones del filtro de materiales granulares graduados, esto es:

- Deben permitir el paso de agua a través del filtro hacia el medio de drenaje, y debe ser capaz de continuar esta función a través de la vida útil del proyecto.
- Deben retener las partículas más finas del suelo y prevenir su migración a través del filtro. Si las mismas pueden moverse, las partículas deben ser capaz de pasar a través del filtro sin bloquear o colmatar el filtro durante la vida útil del proyecto.

### **2.2 Aplicaciones Típicas**

- Drenaje Convencionales:
  - Drenaje Adyacente al Pavimento (Tipo Francés).
  - Subdrenaje (Mantos debajo del Terraplén)
  - Drenaje Interceptor (Al pie del corte vial)
- Drenaje Superficiales
- Drenaje atrás de Muros de Contención y Gaviones.
- Tubería Perforadas Revestidas con Geotextiles
- Control de Erosión
  - Superficie de Taludes

- Superficie de Canales Abiertos
  - Cortinas de Sedimentos
- 
- Drenajes Verticales.

No semejantemente a algunos filtros que remueven las partículas finas de los líquidos y eventualmente se colmatan, la característica de un geotextil de permitir el paso de finos previene que se colmaten.

### 2.3 Criterios de Diseño

El diseño con geotextiles para aplicaciones de filtración y drenaje es esencialmente el mismo que para diseñar un filtro de materiales granulares graduado. El geotextil es poroso (vacío) y con filamentos (partículas) como los es el suelo. Por consiguiente, los mismos principios de filtración del suelo son usados para establecer criterios de diseño con geotextiles. Estos criterios son los siguientes:

- Criterio de Retención: El geotextil debe retener un alto porcentaje del suelo.
  1. Condiciones de Flujo Laminar Estable.

$$(AOS) \leq B \cdot D_{85}$$

Donde:

AOS = Abertura Aparente de Poros

B = Coeficiente en función del coeficiente de Uniformidad del suelo ( $C_u$ )

$D_{85}$  = Diámetro de la partícula de suelo para el cual el tamaño del 85% son menores (mm)

El coeficiente “B” tiene un rango de 0.5 - 2.0 y es en función del tipo de suelo que se va a filtrar, de su densidad, del coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) si el suelo es granular, del tipo de geotextil (tejido o no-tejido) y de la condiciones del flujo.

Para Arenas, Arenas con gravillas, Arenas limosas, y Arenas arcillosas (con menos del 50% pasando el tamiz No. 200), “B” es una función del coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ).

$$\begin{array}{ll} C_u \leq 2 \text{ ó } \geq 8 : & B = 1 \\ C_u \geq 2 \text{ ó } \leq 4 : & B = 0.5 C_u \\ C_u > 4 \text{ ó } < 8 : & B = 8/C_u \end{array}$$

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

Si el suelo tiene finos, solamente use la porción del mismo que pasa el tamiz de 4.75 mm para seleccionar el geotextil. Esto es, no considera para el análisis las partículas mayores de 4.75 mm.

Para Arcillas y Limos (con más del 50% pasando el Tamiz No. 200), “B” es una función del tipo de geotextil:

Para Tejidos:  $B = 1; AOS \leq D_{85}$   
Para No-Tejidos:  $B = 1.8; AOS \leq 1.8 D_{85}$   
y para Ambos:  $AOS \leq 0.3 \text{ mm}$

## 2. Para Condiciones de Flujo Dinámico.

Si el geotextil no es propiamente colocado en contacto íntimo con el suelo retenido y filtrado, ó si las condiciones de cargas dinámicas producen altos gradientes hidráulicos en áreas localizadas, entonces las partículas del suelo retenido pueden moverse atrás del geotextil. Por consiguiente, el uso de  $B = 1$  no es conservador. El geotextil deberá retener más las partículas finas. En este caso, se recomienda la reducción de “B” a 0.5.

$$AOS \leq 0.5 D_{85}$$

- Criterio de Permeabilidad/Permisividad: El geotextil debe permitir el paso de líquido sin restringir o reducir el flujo.

### 1. Para aplicaciones menos críticas y condiciones menos extremas:

$$k_g > k_s$$

### 2. Para aplicaciones críticas y condiciones extremas:

$$k_g \geq 10 k_s$$

donde:

$k_g$  = Coeficiente de permeabilidad del geotextil.

$k_s$  = Coeficiente de Permeabilidad del suelo.

### 3. Requerimientos de Permisividad ( $\psi$ ):

$\psi$  = Permisividad del Geotextil, el cual es igual a  $k_g$  dividida por el espesor del geotextil y es una función de la carga hidráulica.

$\psi \geq 0.5 \text{ sec}^{-1}$  para suelos con < 15% pasando el tamiz No. 200.

$\psi \geq 0.2 \text{ sec}^{-1}$  para suelos con 15 - 50 % pasando el tamiz No. 200

$\psi \geq 0.1 \text{ sec}^{-1}$  para suelos con > 50% pasando el tamiz No. 200

- Criterio de Colmatación:

### 1. Para condiciones menos críticas y extremas:

$$AOS_g \geq 3 \cdot D_{15} (\text{suelo})$$

Esto es aplicable para suelos con  $C_u > 3$ . Para suelos con  $C_u \leq 3$ , seleccione un geotextil con la máxima porosidad disponible cumpliendo con el criterio de retención.

En situaciones donde colmatación es posible (esto es, materiales de granulometría con intervalos ó suelos limosos), lo siguiente debe considerarse:

Porosidad del geotextil,  $n \geq 50\%$  para geotextiles No-tejidos.

El Por ciento de Área Abierta, POA  $\geq 4\%$ , para geotextiles tejidos del tipo de un solo filamento y de cinta planas.

## 2. Para condiciones criticas y extremas:

Seleccione el geotextil que cumple con los criterios de retención y permeabilidad. Luego realice ensayos de filtración con muestras del geotextil seleccionado, del suelo a retener, y las condiciones hidráulicas del sitio. El más común de los ensayos de filtración es el "Gradient Ratio" (del Inglés), ASTM D 5101.

- Criterio de Sobre vivencia:

Para asegurarnos que el geotextil va a sobrevivir los esfuerzos transmitido durante el proceso de construcción y a través de la vida útil del proyecto, el mismo debe tener suficiente propiedades mecánicas y durabilidad. De acuerdo con la AASHTO M 288-96, la clase del geotextil, desde un punto de vista mecánico queda determinada por la severidad de las condiciones de su instalación. En la Tabla 2.1 (Subdrenes viales) y 2.2 (Control de Erosión Permanente en Obras Viales) se presentan las propiedades mecánicas, hidráulicas, ensayos individuales, y normas de ensayos asociadas a requerimientos mínimos de geotextiles calificados como Clase 1, 2, y 3, donde la clase 2 corresponde a la selección normal o por defecto. Los valores presentados en esta tabla son para que sirvan de guía para las personas de poca experiencias seleccionando geotextiles para proyectos de drenaje. Ella no ha sido desarrollada para reemplazar evaluaciones específicas del lugar, ensayos y un diseño apropiado.

La durabilidad del geotextil está relacionada a cuanto va a durar este producto. Los geotextiles han demostrado ser materiales inertes para la mayoría de aplicaciones y medio ambientes. Sin embargo, en algunas aplicaciones podrían expuesto a condiciones químicas o biológicas que podrían dramáticamente influir en sus propiedades de filtración y durabilidad. Estas condiciones en particular deben evaluarse para cada caso

**Tabla 2-1 PROPIEDADES MECANICAS E HIDRAULICAS DE GEOTEXILES PARA SUBDRENES VIALES.**

Propiedades Mecánicas	Métodos de Ensayos	Clase de Geotextil Requerido <sup>(1)</sup>			
		Clase 2		Clase 3	
		Elongación <sup>(2)</sup> <50%	Elongación <sup>(2)</sup> ≥50%	Elongación <sup>(2)</sup> <50%	Elongación <sup>(2)</sup> ≥50%
Resistencia a Tracción “Grab”[N]	ASTM D 4632	1100	700	800	500
Resistencia al Punzonado [N]	ASTM D 4833	400	250	300	180
Resistencia al Desgarre Trapezoidal [N]	ASTM D 4533	400 <sup>(4)</sup>	250	300	180

Clase de Geotextil		Geotextil Clase 2 <sup>(2)(3)</sup>		
Propiedades Hidráulicas	Métodos de Ensayos	Requerimientos del Geotextil		
		Menos del 15% pasa malla # 200	Entre el 15% y 50% pasa Malla # 200	Más del 50% pasa Malla # 200
Permisividad [ $s^{-1}$ ]	ASTM D 4491	0.5	0.2	0.1
Abertura Aparente (valor promedio máximo del rollo) [mm]	ASTM D 4751	0.43 máx.	0.25 máx.	0.22 máx. <sup>(6)</sup>
Estabilidad a los rayos Ultravioleta [%]	ASTM D 4355	50% de resistencia después de 500 horas de exposición.		

**Observaciones:**

1. Los valores indicados corresponden al valor promedio mínimo (en la dirección principal más débil) del rollo muestreado (MARV) según ASTM D 4354, con la excepción de los valores de AOS que representan al valor promedio máximo. La aceptación de los geotextiles será según lo establecido en norma ASTM D 4759. La elongación se mide de acuerdo a lo especificado en ASTM D 4632.
2. De acuerdo a la AASHTO Designación M288-96, la Clase del geotextil queda determinada por la severidad de las condiciones de su instalación. Drenajes con requerimientos de Clase 2 ó de selección normal corresponden a subdrenes con rellenos no angulares, paredes de zanjas planas, y requerimientos de compactación inferiores a 95% Proctor Normal.
3. Se podrán especificar geotextiles de Clase 3 siempre que el ingeniero diseñador garantice sobre vivencia suficiente basándose en ensayos de laboratorio e inspecciones visuales en muestras de geotextiles recuperadas de canchas de prueba simuladoras de las condiciones de terreno anticipadas. La profundidad de eventuales subdrenes que consideren geotextiles de Clase 3 no debe superar los 2 metros con rellenos granulares de diámetro inferiores a 3 cm., con compactación no superior a 95% de AASHTO T-99.

4. Basado en el análisis granulométrico del suelo in situ según AASHTO T-88.
5. Los valores de propiedades de filtración indicados se basan en el tamaño de partículas predominantes del suelo en el terreno. Adicionalmente a los valores de permisividad indicados, el diseñador podrá requerir la permeabilidad del geotextil basándose en el diseño de ingeniería. Para un sitio particular se requerirán especificaciones especiales del geotextil en situaciones de: Suelo local inestable o altamente erosionables tales como limos no cohesivos, suelos mal graduados o suelos con láminas alternadas de arenas/limos. También requerirán estudios especiales en situaciones que la experiencia califica como suelos problemáticos en su utilización con geotextiles.
6. Para suelos cohesivos, con índices de plasticidad mayores que 7, los valores máximos promedios por rollo corresponden a valores de tamaño de abertura aparente es 0.30 mm.

Tabla 2-2 **PROPIEDADES MECANICAS E HIDRAULICAS DE GEOTEXILES PARA EL CONTROL DE LA EROSION PERMANENTE EN OBRAS VIALES.**

Propiedades Mecánicas	Métodos de Ensayos	Clase de Geotextil Requerido <sup>(1)</sup>			
		Clase 1 (alta severidad) <sup>(2)</sup>		Clase 2 (severidad media) <sup>(2)</sup>	
		Elongación <sup>(2)</sup> <50%	Elongación <sup>(2)</sup> ≥50%	Elongación <sup>(2)</sup> <50%	Elongación <sup>(2)</sup> ≥50%
Resistencia a Tracción Grab [N]	ASTM D 4632	1400	900	1100	700
Resistencia al Punzonado [N]	ASTM D 4833	500	350	400	250
Resistencia de Costura [N]	ASTM D 4632	1260	810	990	630
Resistencia al Reventón	ASTM D 3786	3500	1700	2700	1300
Resistencia al Desgarre Trapezoidal [N]	ASTM D 4533	500	350	400 <sup>(4)</sup>	250

Clase de geotextil		Tejidos mono filamentos Clase 2 <sup>(2)</sup> Otros geotextiles Clase 1 <sup>(2)</sup>		
Propiedades Hidráulicas	Métodos de Ensayos	Requerimientos del geotextil <sup>(1)</sup>		
		Menos del 15% pasa malla # 200	Entre el 15% y 50% pasa malla # 200	Más del 50% pasa malla # 200
Permisividad [s <sup>-1</sup> ]	ASTM D 4491	0.5	0.2	0.1
Abertura Aparente (valor promedio máximo del rollo) [mm]	ASTM D 4751	0.43 máx.	0.25 máx.	0.22 <sup>(6)</sup> máx.
Estabilidad a los Rayos Ultravioleta [%]	ASTM D 4355	50% de resistencia después de 500 horas de exposición.		

## Observaciones:

1. Los valores indicados corresponden al valor promedio mínimo del rollo muestreado según ASTM D 4354. La aceptación de los geotextiles será según lo establecido en Norma ASTM D 4759. La elongación se mide de acuerdo a lo especificado en ASTM D 4632.
2. De acuerdo a la AASHTO Designación M288-96, la Clase del geotextil queda determinada por la severidad de las condiciones de su instalación. Como regla general, la selección del geotextil por defecto es Clase 2. Esta clase tiene suficiente sobre vivencia bajo condiciones de severidad iguales o menores a las presentadas si se cumple:
  - a) Que las rocas tienen pesos inferiores a 100 Kg-f, caídas inferiores a un metro y sin requerimientos de capa granular.
  - b) Si el peso de las rocas supera los 100 Kg-f, pero la caída es inferior a un metro y sobre una capa granular de 15 cm. diseñada compatiblemente con la capa de enrocado. Condiciones más severas de aplicación requieren análisis de sobre vivencia experimental en terreno por lo que se requerirán geotextiles de mayores resistencias. El ingeniero proyectista podrá especificar geotextiles de Clase 2 siempre que se asegure suficiente sobre vivencias basadas en experiencia de terreno y/o ensayos de laboratorio e inspección visual de la muestra de geotextil recuperada de una sección experimental construida con las condiciones simuladas anticipadamente en terreno.
  - c) Enrocados con rocas de peso inferior a 100 Kg-f con caída inferior a un metro y sobre una capa granular compatible de 15 cm. de espesor, y
  - d) Enrocados constituidos por inferiores a 100 Kg-f y cero altura de caída.
3. Cuando se requieran, la resistencia de los hilos debe ser igual o mayor que el 90% de la resistencia “Grab” especificada.
4. Las propiedades de filtración por defecto, se deben basar en el tamaño de las partículas predominantes en terreno. Adicionalmente los valores de permisividad por defecto, deben basarse en ensayos de permeabilidad del geotextil o ensayos de funcionamientos basados en diseños cuidadosos de los sistemas de erosión, particularmente en suelos y/o ambientes conflictivos.
5. Diseños con geotextiles en áreas específicas deben ser estudiados con mayor profundidad (mediante análisis físicos y/o químicos tales como ensayos pin-hole, contenido de sales, etc.) cuando son encontrados suelos problemáticos: Suelos inestables o muy erosionables tales como limos no cohesivos, suelos mal graduados, alternancias de lentes arenas/limos, suelos dispersivos, trumaos, pumicitas, etc. Para suelos con índice de plasticidad superior a 7, se debe adoptar como Tamaño de Abertura el valor promedio máximo del rollo inferior a 0.30 mm.

Además de los requerimientos presentados en la AASHTO M288-96, Tabla 2-3 y 2-4 presentan criterios de selección para condiciones de flujo en una dirección y estable y para condiciones dinámicas respectivamente. Estas tablas nos dan una referencia rápida entre las condiciones del suelo y los requerimientos de filtración.

Tabla 2-3 Selección del Geotextil para el Diseño bajo condiciones de Flujo Laminar

Condiciones del Suelo	Criterio de Filtro
Suelos Bien Graduado PI > 15	Geotextiles No-Tejidos
Suelos de Graduación Amplia o Arenas con 15 a 50% de finos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geotextiles Agujados No-Tejidos, o</li> <li>• Geotextiles Tejidos con fibras de cinta plana y fibrilada, o</li> <li>• Geotextiles Tejidos con fibras de mono filamentos y fibrilada, o</li> <li>• Geotextiles con fibras mono filamentos solamente.</li> </ul>
Suelos con 5 a 15% de finos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geotextil Agujado No-tejido</li> <li>• Geotextil tejido con fibras mono filamentos y fibriladas, o</li> <li>• Geotextil tejido de mono filamentos.</li> </ul>
Suelos Inestables: Suelos Erusionables, Arenas tipo azucarar, Rocas Pulverizadas	<i>Debe ejecutar un ensayo del tipo "Gradient Ratio" (del Inglés) para determinar el tipo correcto de geotextil como filtro.</i>
Suelos de Granulometría con intervalos	<i>Una capa de 6" de Arena limpia con:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geotextil tejido con fibras de mono filamentos y fibrilados, o</li> <li>• Geotextil tejido de mono filamentos sobre arena.</li> </ul>

Tabla 2-4 Selección del Geotextil para el diseño de un filtro de condiciones de flujo en dos direcciones (dinámico).

Condiciones del Suelo	Criterio de Filtración
Como en Tabla 2-3	Como en Tabla 2-3
Suelos con > 50% de finos no plásticos	Geotextil No-tejido Agujado, 350 a 500 oz/yd <sup>2</sup> .

Nota: En la mayoría de los casos, los requerimientos hidráulicos para condiciones de flujo dinámicos son las mismas que para condiciones de flujo laminar estable. Sin embargo, es crítica la correcta instalación del filtro de geotextil.

## 2.4 Ejemplo de Diseño

Diseñar un filtro con geotextil para un drenaje tipo francés el cual esta usado para interceptar el flujo freático a lo largo de la construcción de una carretera de dos carriles. Investigaciones limitadas del lugar indican que la trinchera será excavada en suelos del tipo arena limosas con menos de un 15% pasando el tamiz No. 200 y las siguientes características,  $D_{85} = 0.55$  mm,  $D_{60} = .36$  mm,  $D_{15} = 0.15$  mm,  $D_{10} = 0.14$ mm. La profundidad de la trinchera es un metro.



Paso 1 La evaluación inicial indican que el material granular de drenaje es un agregado bien graduado tipo canto rodado. Las condiciones del gradiente hidráulico son bajas y el flujo es laminar y estable. El área y la condición de esta aplicación indican que no es un proyecto crítico.

Paso 2 Determine los requerimientos del geotextil.

1. Criterio de Retención:

$$AOS \leq B \cdot D_{85}$$

$$C_u = D_{60} / D_{10} = 0.36 / 0.14 = 2.6 \rightarrow B = 0.5 C_u = 0.5 \times 2.6 = 1.3$$

$$AOS = 1.3 \times 0.55 = 0.72 \text{ mm}$$

2. Criterio de Permeabilidad/Permisividad:

Las condiciones de esta aplicación son no críticas y no extremas por consiguientes:

$k_g \geq k_s$ ;  $D_{10}$  en suelos granulares típicamente controla la permeabilidad y puede ser estimada a partir del mismo.

$$k_s = (D_{10})^2 = (0.14)^2 = 1.96 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$$

por consiguiente:  $k_g \geq 1.96 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$

Permisividad:  $< 15\%$  pasa el tamiz No. 200  $\rightarrow \psi \geq 0.5 \text{ sec}^{-1}$

3. Criterio de Colmatación:

$C_u = 2.6 < 3$ ; por consiguiente seleccionamos un geotextil con la abertura máxima de acuerdo con el criterio de retención.  $AOS = 0.72 \text{ mm}$ .

Como el suelo es arena limosa consideramos que existen posibilidades de colmatación, entonces:

Para geotextil No-tejido: Porosidad  $\geq 50\%$

Para geotextil tejido: por ciento de abertura abierta  $\geq 4\%$

4. Criterio de Sobre vivencia:

La profundidad de la trinchera es moderada, el agregado es canto rodado. Por lo tanto, un geotextil de clase 2 es suficiente. Ver Tabla 2.1 para las

propiedades mecánicas.

En resumen el geotextil debe tener las siguientes Características:

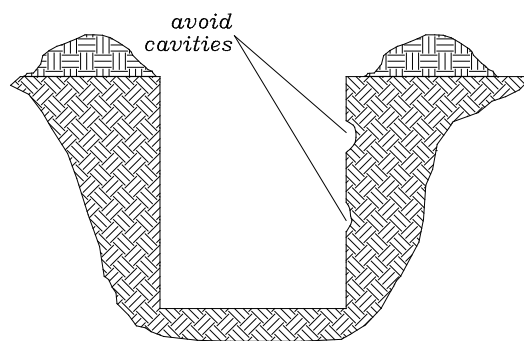
Geotextil debe ser Clase 2 y puede ser tejido o no-tejido agujado cumpliendo con las características de la Tabla 2.1. Su AOS  $\leq 0.72$  mm,  $k_g \geq 1.96 \times 10^{-2}$  cm/sec, y  $\psi = 0.5 \text{ sec}^{-1}$ . Según Tabla 2.3 si un geotextil tejido es seleccionado el mismo debe ser con fibras de mono filamento y fibrilada o mono filamento solamente y debe tener un por ciento de abertura abierta  $\geq 4\%$ . Si seleccionamos No-tejido, su porosidad debe ser  $\geq 50\%$

Paso 3 Seleccionar el Geotextil que cumple con el diseño y las normas AASHTO M288-96 y existe en el mercado.

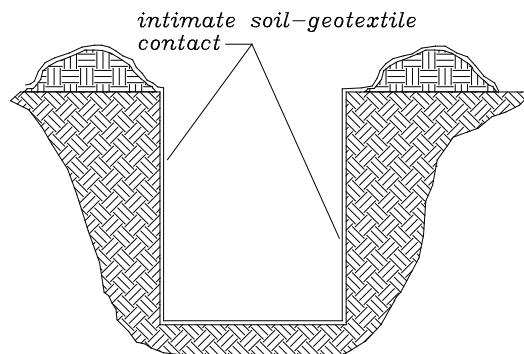
Paso 4 Prepare las especificaciones basado en este diseño y en las recomendaciones de instalación. Ver la guía para seleccionar y especificar geotextiles de subdrenajes.

## 2.5 Método de Construcción e Instalación de Geotextil en Subdrenes del tipo Francés

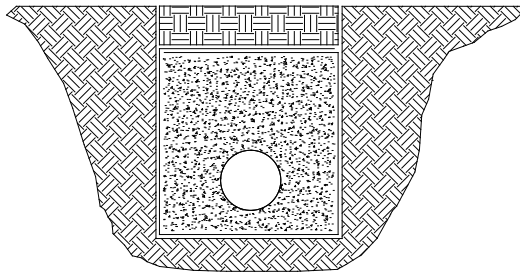
1. Antes y durante la excavación de la zanja de drenaje, el geotextil debería ser almacenado de forma tal que este bien protegido de la lluvia y de la luz solar.
2. La zanja de drenaje debería ser excavada según las líneas y pendientes especificados. Los lados de la excavación deberían ser estables tal manera que el material suelto no se cae al fondo de la zanja. Los lados y el fondo de la zanja deberían ser cortados tan lisos como prácticos, evitando la creación de cavidades.



3. Después de la excavación de la zanja, el geotextil debería ser cortado a la anchura deseada. La anchura debería permitir un traslapo de 30 cm.
4. El geotextil debería ser con cuidado colocado entonces en la zanja. Cuidado debería tomarse para no enlodar el geotextil con el suelo de subrasante, pues esto contaminará la tela y puede disminuir su capacidad de flujo. El geotextil debería ser colocado contra los lados de la zanja de modo que el contacto íntimo con las paredes de zanja sea obtenido. Sin embargo, el geotextil no debería ser estirado o hecho tenso. Los bordes para el traslapo del geotextil pueden ser puestos sobre los lados de la excavación. Los finales de secciones adyacentes del geotextil deberían ser traslapados entre 30 y 60 centímetros, colocándose (como las tejas) en dirección del flujo de agua.



5. La colocación del agregado de drenaje debería proceder inmediatamente después de instalación del geotextil. Esto ayuda a minimizar la exposición a luz del sol, suciedad, y daño. El agregado debería ser compactado usando equipo vibratorio al 95 por ciento de su Proctor estándar máxima densidad seca. Si una tubería perforada va a ser incluida en el sistema, una capa de 4 - 5 centímetros de agregados debería ser colocada en el fondo de la trinchera primero
6. Siguiendo la compactación, los bordes del geotextil deberían ser doblados para proporcionar el traslapo requerido. Cuando esto es completado, otro relleno requerido puede ser colocado. Coloque la capa de relleno final cuanto antes posible o, en una lluvia, los finos podrían depositarse en el tope de la trinchera y obstruir el sistema.



## 2.6 Método de Construcción e Instalación de Geotextil en Aplicaciones de Control de Erosión.

1. Antes y durante la instalación de filtros de geotextiles para el control de erosión permanente, el geotextil debería ser almacenado de tal manera que este bien protegido de la lluvia y luz solar (ver ASTM D 4873).
2. Para proteger la subrasante, la misma debería ser excavada según las líneas y pendientes especificadas. Las depresiones o los hoyos en la superficie de los taludes deberían estar llenos para evitar el desarrollo de un puente de geotextil atravesando la depresión. Por otra parte, los desgarré o el pinchazo del filtro podrían resultar cuando el material de enrocado es colocado.
3. Colocar el geotextil en la subrasante preparada con la dirección longitudinal paralela a la dirección esperada del flujo de agua. Por ejemplo, para la protección costera, el geotextil debería ser desenrollado perpendicular a la costa. Una vez colocado, debería permitirse que el geotextil permanezca suelto (ej. no tensión), pero permanezca en el contacto íntimo con la subrasante.
4. Coser o traslapar el geotextil como sea requerido. Los paneles de geotextiles adyacentes deberían ser traslapados mínimo de 30 centímetros. Los traslapos

- deberían ser colocados en la dirección del flujo de agua (como las tejas) y fijado a la subrasante antes de la colocación del enrocado.
5. El talud aceptable máximo en la cual un sistema de enrocado-geotextil puede ser colocado es igual al ángulo de fricción de interna entre la subrasante y geotextil, o entre el enrocado y geotextil o el ángulo de reposo del enrocado sí mismo - cualquiera que sea menor. Si taludes extremos son requeridos, o si la acción de las olas sobre todo agresiva es esperada, los bancos o las bermas en el talud pueden ser necesarios.
  6. Para bermas y aplicaciones de acción de las olas, el geotextil debería ser atrincherado en la base del talud. La trinchera puede ser construida excavando una zanja no muy profunda, extendiendo el geotextil en la zanja, y rellenado con el material de enrocado. Si el sistema de enrocado-geotextil no puede ser extendido 1.80 m. o más por encima de la elevación esperada del agua, el geotextil debería ser atrincherado en la cumbre del talud.
  7. Colocar el enrocado u otro sistema de armadura sobre el geotextil. Esto debería ser realizado dentro de dos semanas después de la colocación geotextil para prevenir la exposición excesiva del geotextil a la luz del sol. Para superficies inclinadas, la colocación de armadura protectora debería comenzar en la parte inferior del talud y progresar hacia arriba, y preferible del centro hacia fuera.
  8. Las pruebas sobre el terreno deberían ser conducidas para determinar la altura máxima de la cual la piedra puede ser dejada caer sin el daño el geotextil. Como una pauta general, para geotextiles que cumplen con los criterios de supervivencia de Clase 2, alturas de caída de piedras menos de 90 kg. no deberían exceder 30 centímetros. Para geotextiles que cumplen con los criterios de supervivencia de Clase 1, las alturas de caída de la piedra que pesa menos de 90 kg. no deberían exceder 91.5 centímetros. Las piedras que pesan más de 90 kg. deberían ser colocadas sin caída fuerte libre a menos que las pruebas sobre el terreno indiquen lo contrario. De ninguna manera deben las piedras que pesan más de 45 kg. ser permitidas hacer rodar hacia abajo sobre el geotextil en el talud.

## REFERENCIAS

Holtz, R. D., Christopher, B. R., and Berg, R. R., 1995. *Geosynthetic Design and Construction Guidelines*, Publication No. FHWA HI-95-038, NHI Course No. 13213, US Dept. of Transportation, Washington DC, May.

Luetlich, S. M., Giroud, J. P., and Bacchus, R. C., 1991. "Geotextile Filter Design Guide," *Geosynthetic Filtration, Drainage and Erosion Seminar*, GRI 5, Drexel University, Philadelphia, PA, Dec.

Koerner, R.M., 1994. *Designing with Geosynthetics*, 3d Ed., Prentice Hall, NJ.