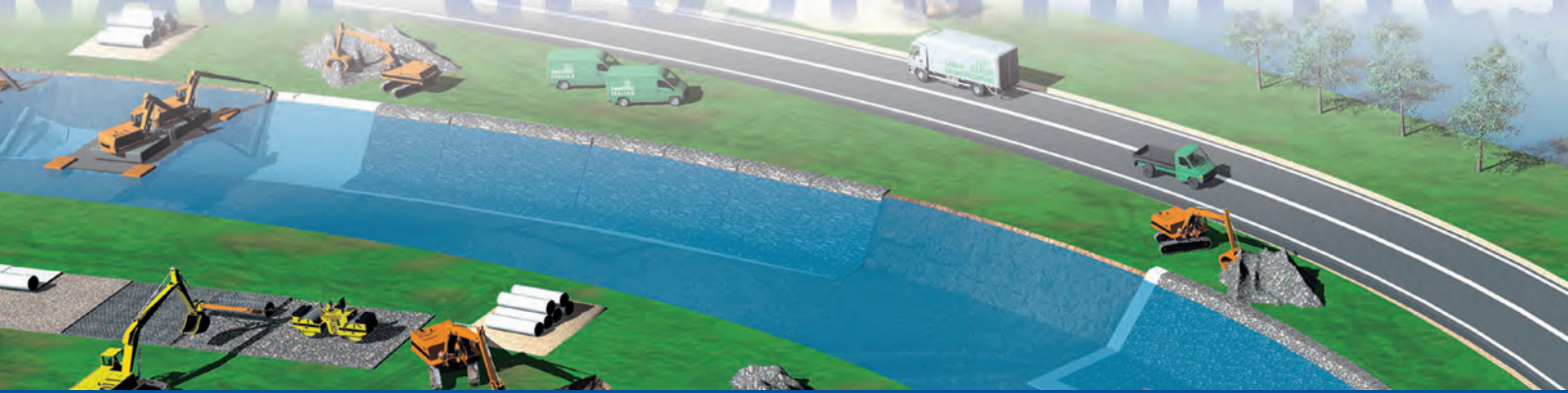


Ingeniería Hidráulica

NAUE GEOSYNTHETICS



Ingeniería Hidráulica



Los contenedores de geotextiles no tejidos de roca suave rellenos de arena se usan para proteger contra la socavación o para la construcción de rompeolas.

Los geosintéticos son usados en todos los campos de ingeniería hidráulica para incrementar la calidad y longitud de las estructuras. Las aplicaciones de geosintético incluyen filtración, sellado, protección, contención, separación, refuerzo, así como control de la erosión.



Geotextiles Terrafix® de filtración y estables no tejidos, plantillas de arena de filtración estables son adecuadas en vías navegables, ríos y canales para la protección de lechos de ríos y sus terraplenes.

Los geosintéticos pueden reemplazar o complementar a los métodos convencionales de construcción, tanto en altamar como en zonas costeras. Protegen los diques, presas y tormentas de marea actuando como capa de separación o filtro.



Geotextiles Terrafix® no tejidos con una sola capa y con múltiples capas y lavado debajo del revestimiento.

Son usados en la fundación de espigones o rompeolas. Bolsas y tubos llenos de arena son usados en construcciones costeras, p. para estabilización de espigones o lecho marino (protección contra el desgaste).

Los revestimientos geosintéticos de arcilla y las geomembranas son usadas con el propósito de sellar en la construcción de diques, mientras que los filtros de geotextil no tejidos punzonados evitan el lavado de las partículas finas y por lo tanto erosión de la construcción.



Los revestimientos geosintéticos Bentofix® de arcilla se usan solos como membrana de sellado en diques y presas.

Los geosintéticos realizan varias funciones en renovaciones, extensiones y nuevas construcciones interiores en aguas en movimiento o estáticas. Los geotextiles correctamente diseñados aseguran la estabilidad del filtro y el control de la erosión, revestimientos geosintéticos de arcilla y geomembranas proporcionan impermeabilización, mientras que los contenedores y tubos de geotextil estabilizan el flujo y ayudan en la protección del escurrimiento.

Los siguientes capítulos ilustrarán y explicarán las diferentes aplicaciones de geosintéticos así como los métodos usados para su diseño. ■

Funciones geosintéticas



Filtración

En aplicaciones de filtración como en ingeniería hidráulica y sistemas de drenaje, geotextiles no tejidos son usados para retener las partículas del suelo al mismo tiempo que permiten el paso de líquidos a través del filtro. Hay dos aspectos de la filtración que deben ser evaluados mientras se diseña. La eficiencia del filtro mecánico (la tela tiene suficiente capacidad de retención al suelo) y la eficiencia el filtro hidráulico (el agua es descargada sin acumulación presión hidráulica). Al igual que con las capas de filtro mineral, el grosor del geotextil beneficia directamente la eficiencia mecánica e hidráulica del filtro a largo plazo.



Sellado

Actuando como líquido y barreras de gas, las geomembranas se han convertido en un componente fundamental en la ingeniería civil, debido a la mayor necesidad de protección de las aguas subterráneas. Las geomembranas de polietileno de alta densidad (HDPE), específicamente aquellas con certificación por los reguladores gubernamentales y un espesor de más de 1.5mm, son los más utilizados. El personal de aquellas compañías que han sido aprobadas por la agencia certificadora, se emplean para desplegar y soldar las geomembranas donde un área necesita ser sellada. Con propósitos de sellado en ingeniería hidráulica, construcción de carreteras y protección del medio ambiente, geomembranas HDPE y revestimientos de geosintéticos de arcilla están ganando uso debido a la importancia de un trazador de líneas de calidad.



Reforzamiento

Los geosintéticos se instalan debajo o entre capas del suelo para mejorar las propiedades mecánicas de las capas del suelo absorbiendo las fuerzas de tracción y minimizando la deformación. Geotextiles, geomallas, y materiales sintéticos compuestos son usados en aplicaciones como estructuras de retención de acuerdo a los principios del "suelo reforzado", estabilización de pendientes o para reforzamiento de cimentación de presas de barro donde el subsuelo muestra una capacidad de carga pobre. El uso de geosintéticos para el refuerzo de aplicaciones minimiza medidas constructivas caras y puede reducir la mezcla de suelos eliminando la necesidad de capas de suelo adicionales.



Contención

Las aplicaciones de contención geosintética son aquellas en las que se utiliza un textil en forma de tubo, bolsa o contenedor para encapsular un material de construcción, tal como suelo o arena. Realizan funciones específicas del proyecto tales como protección, filtración y separación. Los geotextiles no tejidos, así como los productos geocompuestos son los productos primarios debido a su alta capacidad de alargamiento.



Separación

Como capa de separación, se utilizan geotextiles no tejidos para evitar que las capas adyacentes del suelo o los materiales de relleno se entremezclen. Los geotextiles no tejidos que exhiben una capa de alta elongación son los materiales de elección en la mayoría de las aplicaciones. La selección de un producto adecuado depende del tamaño del grano de la base y las cargas operacionales que se esperan. El uso principal de los no tejidos de separación son la construcción de carreteras y ferrocarriles, ingeniería hidráulica y de vertederos y campos deportivos.



Protección

Geomembranas, estructuras, materiales recubiertos, así como los elementos de construcción deben protegerse a menudo de daños mecánicos. Sin protección adecuada, el daño puede ocurrir de objetos afilados como piedras debido a la irregularidad del subsuelo o incluso por el material de cubierta. No tejidos aglutinados mecánicamente, así como materiales compuestos fabricados con polipropileno (PP) o HDPE se utilizan comúnmente para capas de protección. Especifico a geotextiles no tejidos, la función de protección es directamente relacionada con el espesor y la masa por unidad de área, no tejido más pesado y grueso es más probable que proporcione mejor protección.



Control de erosión

Las capas geosintéticas de un solo componente y los materiales tridimensionales de compuesto multicomponente son usados para prevenir la erosión superficial. Evitando que las partículas del suelo sean arrojadas por pendientes o canales, se asegura una vegetación rápida cuando se usan alfombras de control de erosión. ■

1 Filtración con Terrafix®
(Instalación seca)

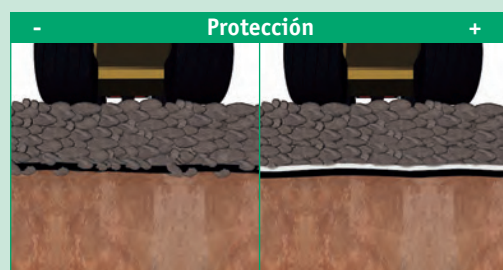
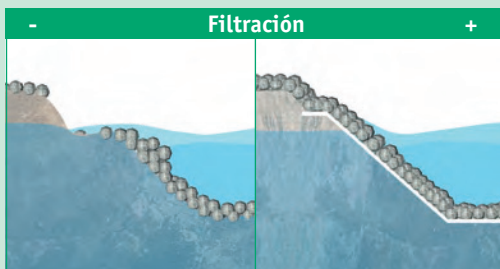
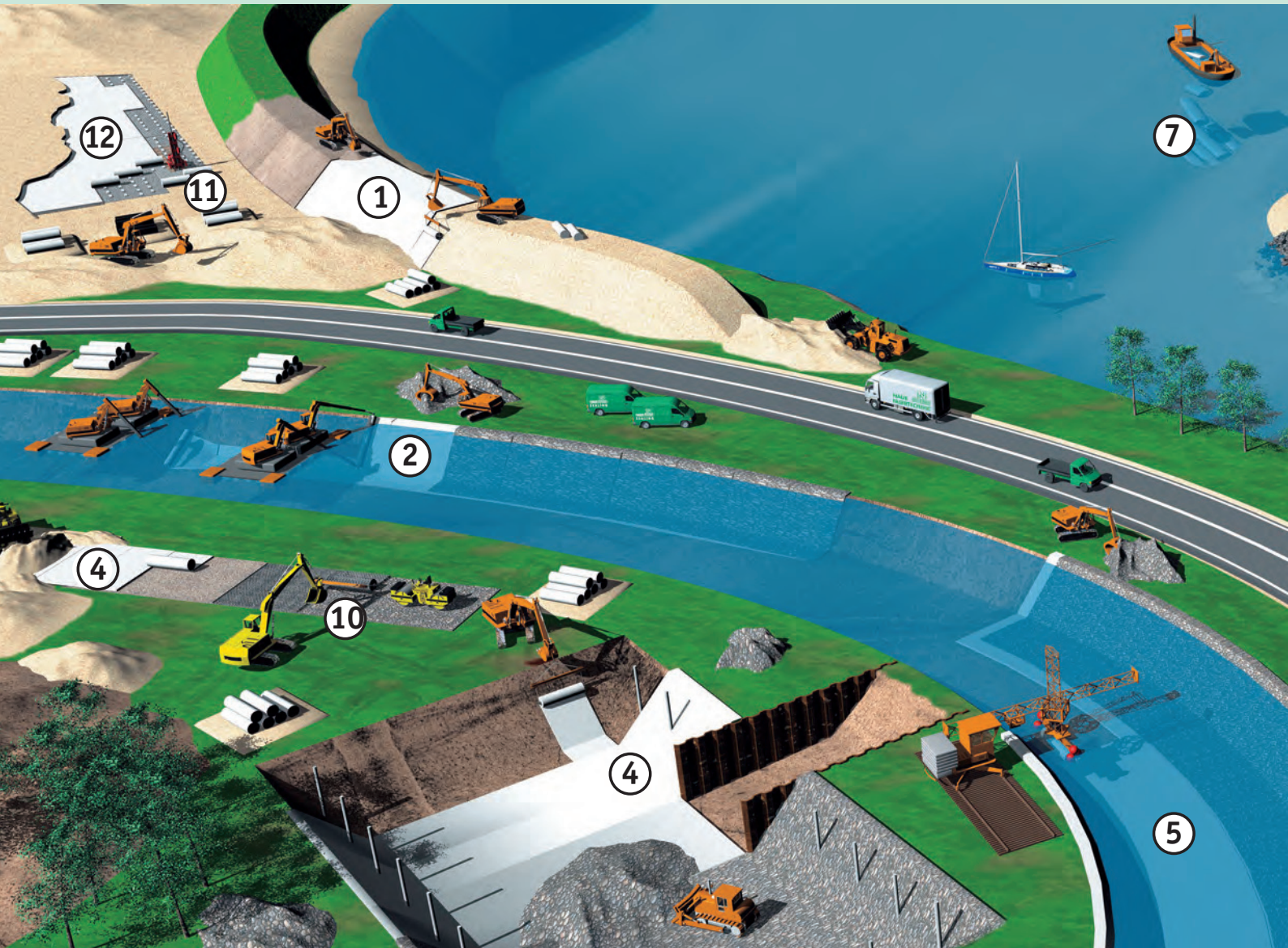
2 Filtración con Terrafix®
(Instalación bajo el agua)

3 Filtración con plantilla de arena Terrafix
(Instalación bajo el agua)

4 Sellado con Bentofix®
(Instalación seca)

5 Sellado con Bentofix®
(Instalación bajo el agua)

6 Sellado con Carbofol®



7 Contención con
piedra blanca

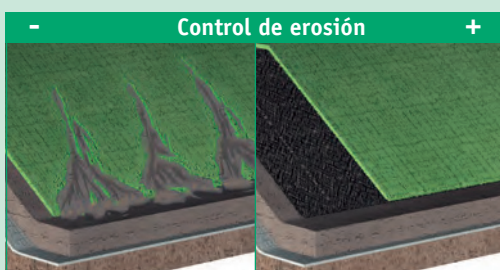
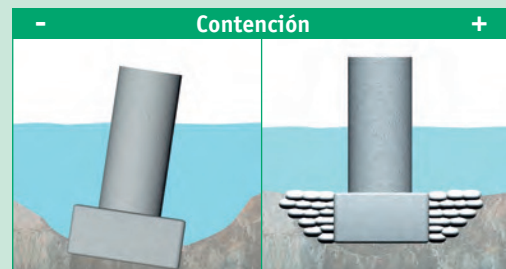
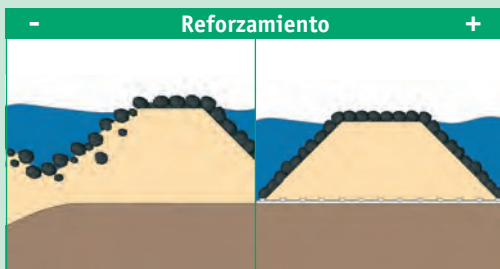
8 Tubos rellenos
hidráulicamente Terrafix®

9 Protección con Secutex®

10 Reforzamiento con Secugrid®

11 Reforzamiento con Combigrid®

12 Drenaje con Secudrain®



Filtración con Geotéxtiles Terrafix®

Durante décadas, los geotextiles no tejidos Terrafix han sido utilizados con éxito como filtros tridimensionales en aplicaciones de ingeniería hidráulica. Se emplean entre granos finos y suelos de grano grueso, así como proyectos de protección para prevenir que los suelos disimilares se entremezclen creando estabilidad de filtro entre dos tamaños de suelos distintos.

Tabla 1
Método de prueba de tipo de suelo del BAW (Instituto Federal para Ingeniería Hidráulica), Karlsruhe, Alemania.

Requerimientos estándar en las propiedades de filtración de un geotextil de acuerdo con TLG 2008)

Propiedades filtración					
No.	Tipo de subsuelo	Espesor de la capa de filtro (D)	Masa permisible de suelo que pasa (eficacia mecánica)		Valork después de la prueba con intrusión de suelo en el geotextil (eficacia hidráulica) 3)
			Masa total (M _t) de suelo que pasó	Masa (ML) de suelo que pasó durante la fase de la última prueba	
		(mm)	(g/184cm ²) ¹⁾	(g/184cm ²) ¹⁾	(m/s)
1	Tipo de suelo 1	D ≥ 4.5	M _t ≤ 300 ²⁾	M ≤ 30	k ≥ 8 · 10 ⁻⁴
2	Tipo de suelo 2	D ≥ 4.5			k ≥ 6 · 10 ⁻⁴
3	Tipo de suelo 3	D ≥ 4.5			k ≥ 1 · 10 ⁻⁴
4	Tipo de suelo 4	D ≥ 6.0			k ≥ 1 · 10 ⁻⁷
Propiedades material			Capa de la coraza		
			Pedraplén, base		Pedraplén, cementado
5	Esfuerzo de tracción máximo de acuerdo con DIN EN ISO 10319 en dirección de la máquina y en dirección cruzada a la máquina		kN/m	≥ 12.0	≥ 12.0
6	Resistencia a la abrasión de acuerdo con RPG (1994)	Esesor remanentes D después de la prueba	mm	Tipo de suelo 1-3: D ≥ 3.5 Tipo de suelo 4: D ≥ 4.5	—
		Esfuerzo remanente después de la prueba	kN/m	≥ 9.0	—
			Clases de pedraplén (DIN EN 13383-1)		
			CP _{30/250} 30kg	LMB _{3,60} 60kg	LMB _{10,60} 90kg
7	Resistencia dinámica a la punción (energía de caída) de acuerdo con RPB (1994/4)		Nm	≥ 600	≥ 1,200

RPG: BAW – Directrices para probar los geotextiles para rutas navegables (www.baw.de)
 DIN EN ISO 10319: 2008-10: geosintéticos – Ancho – prueba de ancho de tracción; versión alemana
 DIN EN 13383-1: 2209-03: piedra de coraza – Parte 1: Especificación; versión alemana

¹⁾ Gramos, relacionado con la superficies expuesta de la muestra
²⁾ 300g/184cm² = 16.3kg/m²
³⁾ Permeabilidad del agua a 10°C y h = 50 mm determinados de acuerdo con RPG basados en la permeabilidad normal del agua al geotextil VH50 [m/S] de acuerdo con DIN 11058 y un espesor del producto d (m) de acuerdo con DIN EN ISO 9863-1 O-2:

$$k = \frac{V_{H50} \cdot d}{R_{110} \cdot h}$$
 Con un factor de corrección de temperatura R₁₁₀ = 1,30 [-]
⁴⁾ La energía de caída representa el impacto resultante de la piedra con el peso mencionado anteriormente cuando se cayó de 2m de altura (aparato de prueba, figura 4).

En el caso de diferencias variables en la presión del agua (por ejemplo, inversión de la dirección del flujo de agua subterránea) o tensiones turbulentas (por ejemplo, el impacto de las ondas) los geotextiles no tejidos pueden prevenir desplazamiento del suelo por la pendiente de la capa limite.

Los geotextiles no tejidos Terrafix presentan una excelente resistencia a la abrasión y propiedades del filtro, una alta capacidad de alargamiento (asegurando la resistencia al daño de instalación) y una muy buena fuerza de la costura (si se cosen juntos), superando así los productos usados para la misma aplicación, p. geotextiles tejidos.

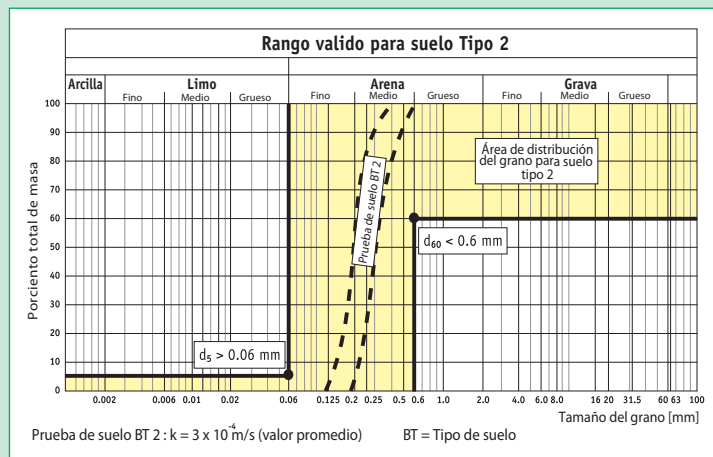
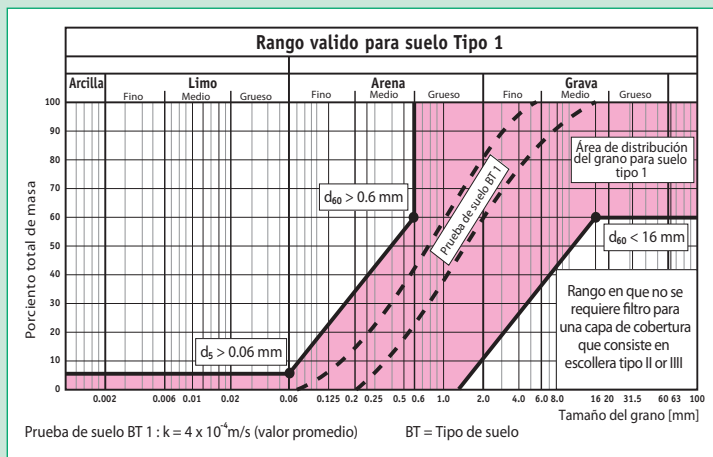
Filtración

Los geotextiles Terrafix se utilizan frecuentemente para la filtración en aplicaciones de dique, en las laderas y los lechos de vías fluviales para la estabilización así como en aplicaciones asociadas como presas, zanjas laterales, etc. Las condiciones técnicas de entrega de los filtros geotextiles, notificación del 19 de mayo de 2003, describe los mínimos requerimientos para geotextiles – los geotextiles empleados deben presentar las siguientes características: resistencia a la pudrición, el agua y las heladas, que sean compatibles con el medio ambiente, así como que permanezcan flexibles o sean capaces de elongarse – lo que permite que el geotextil fácilmente se acomode a un subsuelo irregular o suave. Materiales geocompuestos (compuestos por varios componentes) deben estar unidos uniformemente sobre toda la superficie y ser diferenciados uno del otro.

La amplia gama de productos Terrafix ofrece numerosos tejidos de geotextil no tejidos que cumplen con estos requisitos.

Las propiedades presentadas en la tabla 1 también deben cumplirse. Los geotextiles Terrafix cumplen con los requisitos de material de la tabla 1 mientras se abordan las condiciones y requisitos específicos del proyecto tales como la velocidad actual en el área de su aplicación. Los geotextiles no tejidos Terrafix se aplican usando equipo de despliegue estándar y están cubiertos con el revestimiento específico inmediatamente después de la instalación. Terrafix 609 con un espesor mínimo de 4.5mm, es adecuado para tipos de suelo 1 a 3 aplicaciones de filtro, mientras que Terrafix 813 -

Diseño Secciones cruzadas Detalles



Apéndice 1 de la Tabla 1: Proceso para la determinación de tipos de suelo del BAW, Karlsruhe, Alemania.

Apéndice 2 de la Tabla 1: Proceso para la determinación de tipos de suelo de la BAW, Karlsruhe, Alemania.

- con un mínimo espesor de 6.0mm es adecuado para tipos de suelo 1 a 4. Múltiples capas materiales de geocomposición Terrafix (con un tamaño de abertura geotextil graduado, AOS) son adecuados para mejorar la eficacia de filtración, especialmente en suelos con alto contenido silt y donde existen condiciones hidrodinámicas significativas. Si las características de resistencia a la cizalladura del subsuelo requieren mejoramiento, materiales de geocomposición de fibra gruesa Terrafix son empleados. Las esterillas de arena Terrafix se utilizan para aplicaciones tanto en corrientes fuertes como en aguas profundas. Estos productos se forman encapsulando mecánicamente una capa uniforme de balastos de arena entre dos materiales no tejidos agujerados Terrafix de capas de geotextil. Esta capa de lastre facilita la instalación y evita que Terrafix forme pliegues causados por el movimiento del agua.

Las rocas blandas son tubos, bolsas o contenedores de arena hechos de geotextiles no tejidos punzonados. Se utilizan para el control de la erosión para soportar corrientes de extremas velocidades, en aplicaciones donde los orificios de drenaje deben ser llenados rápidamente así como para estabilidad permanente. Una ventaja particular de los productos de roca blanda es que pueden ser llenados in situ usando los suelos arenosos existentes.



Figura 2
Método de prueba de turbulencia.

Método de prueba de tipo de suelo

El Instituto Federal Alemán de Ingeniería Hidráulica (BAW) ha desarrollado métodos de prueba de tipo de suelo para evaluar la habilidad del geotextil como filtro en canales de navegación. El filtro dinámico e hidráulico externo en vías fluviales son simulados por:

- A) el método de prueba de flujo (caída rápida y aumento en el nivel de agua) y;
- B) el método de prueba de turbulencia (acción turbulenta de las olas, corriente de la hélice, flujo posterior).

Los requisitos reglamentarios para la eficacia del filtro de un Geotextil se describen en la tabla 1.

Conclusión

Los geotextiles de filtro Terrafix se usan cuando la estabilidad del filtro entre dos capas del suelo se ausenta o cuando n tensiones hidrodinámicas pueden causar desplazamiento de partículas. Esta condición es típicamente el caso en la estabilización de la pendiente y del lecho para vías fluviales así como en diques, presas o zanjas laterales.

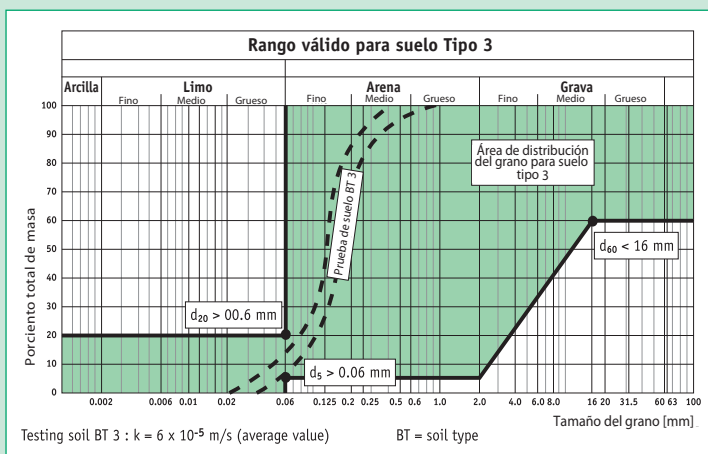
En la construcción de revestimientos, geotextiles Terrafix robustos, diseñados para y capaces de alargamiento, proporcionan estabilidad para el revestimiento (por ejemplo, riprap). La alfombra de Arena Terrafix o contenedores de piedra blanda se utilizan para el control de erosión cuando existen velocidades de corriente más altas.

Figura 1
Método de prueba de flujo.

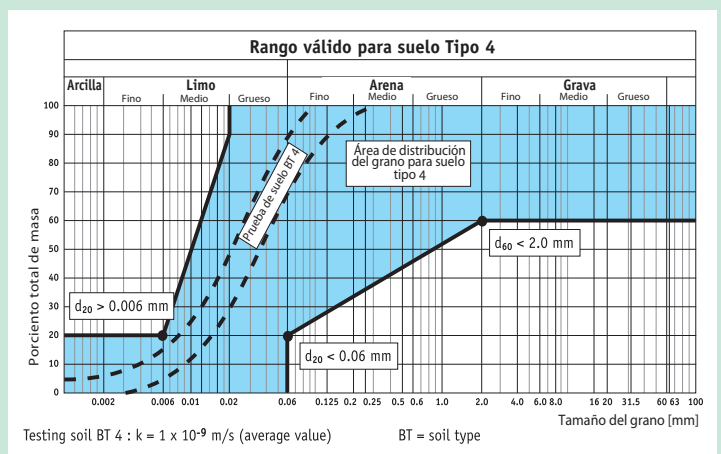


Fabricados con geotextiles no tejidos punzonados robustos, los contenedores arena de piedra blanda se ajustan fácilmente a las condiciones locales, pero también tienen un buen desempeño cuando son sujetas a condiciones difíciles del sitio. Los geotextiles no tejidos Terrafix también exhiben un ángulo de fricción del interfaz más alto que los geotextiles tejidos y pueden ser apilados a ángulos mas inclinados con mayor estabilidad a largo plazo.

Diseño Secciones cruzadas Detalles



Apéndice 3 de la Tabla 1: Proceso para determinar los tipos de suelos del BAW, Karlsruhe, Alemania.



Apéndice 4 de la Tabla 1: Proceso para determinar los tipos de suelos del BAW, Karlsruhe, Alemania.

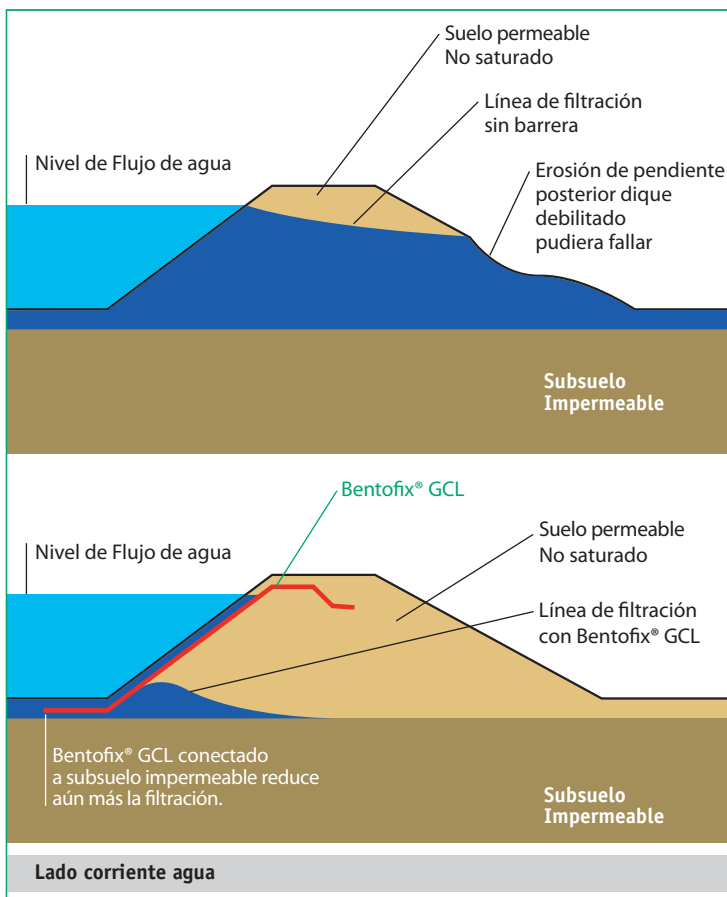
Sellado con revestimiento geosintético Bentofix® de arcilla

La instalación de un componente de sellado en ingeniería hidráulica es posible tanto bajo condiciones secas como marinas. En el caso de una instalación seca, normalmente se usan revestimientos convencionales de arcilla compactados (CCL) así como revestimientos geosintéticos de arcilla como Bentofix® y geomembranas de Carbofol®.

Las instalaciones secas se han realizado por décadas; sin embargo, Bentofix®, lo último en tecnología, permite la instalación de revestimientos submarinos en pendientes y lechos de vías navegables con agua fresca.

Bentofix® BZ 13-B es un sistema especial de revestimiento de compuesto de bentonita que presenta una capa de lastre de arena que está encapsulada integralmente mediante geotextiles no tejidos perforados con aguja. La capa de arena realiza varias funciones que incluyen el lastre de este Bentofix® GCL especial para que no flote cuando se instale de forma subacuática –aún cuando haya corrientes o turbulencias causadas por las hélices de los barcos. Debido al perforado con aguja del Bentofix® GCL, la capa de arena también tiene el efecto de proporcionar una contra-presión a las propiedades

Figura 3
Eficiencia de sellado del revestimiento geosintético de arcilla Bentofix® en un dique permeable.



de hinchamiento naturales de la bentonita, proporcionando una activación más uniforme de esta capa. Por consiguiente, Bentofix® BZ 13-B puede permanecer bajo el agua sin carga o cubierta adicional por largos períodos de tiempo – sin pérdida de su desempeño. Durante la subsiguiente colocación de piedra u otra capa de recubrimiento, esta capa de lastre de arena integrada distribuye de forma uniforme la carga y evita daños al producto durante la instalación.

Requerimientos

La máxima resistencia a la tracción del GCL debe de ser $\geq 10 \text{ kN/m}$, y en general, no se debe de considerar como una capa de refuerzo en ningún análisis de estabilización de pendiente.

La capa de sellado que se usa en Bentofix® consiste de bentonita de sodio en polvo con una permeabilidad hidráulica de $2.0 \times 10^{-11} \text{ m/s}$. Bentofix® GCL con capas tejidas sencillas se puede alargar hasta 12% sin un aumento en la permeabilidad. Subsuelos irregulares o altamente deformables (donde puede ocurrir hasta un 30% de elongación), requiere de estilos de Bentofix® que tengan geotextiles no tejidos perforados con aguja (uno con entelado tejido de refuerzo) incorporado en ambos lados.

Diseño Secciones cruzadas Detalles



Figure 5: Instalación de Bentofix® GCL en un canal.

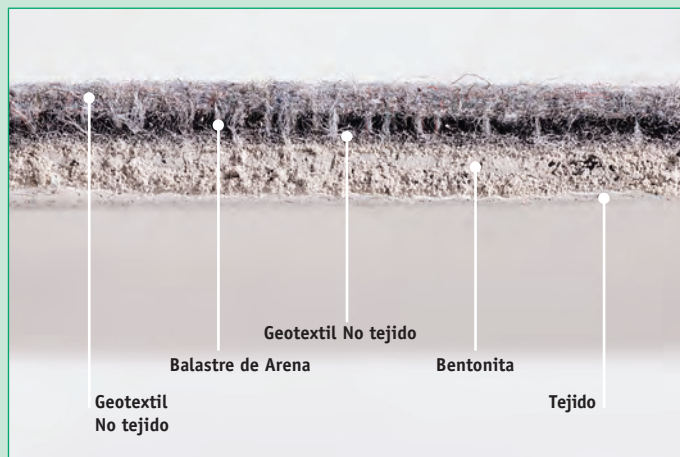
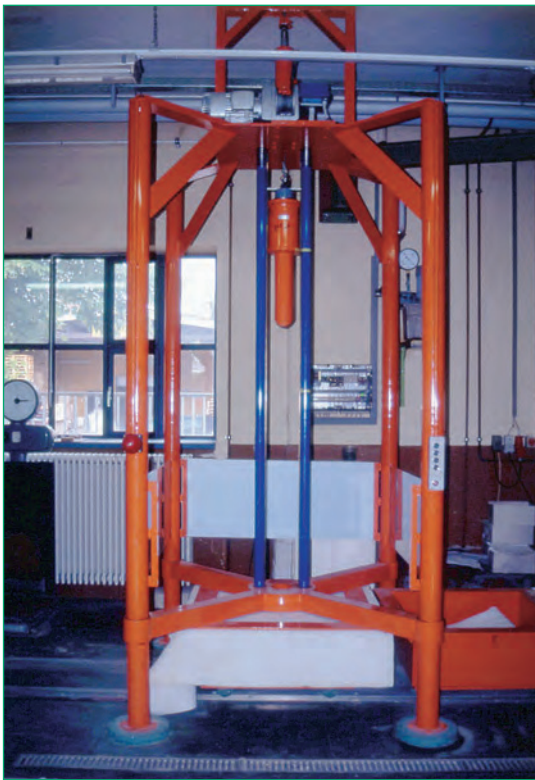


Figura 6: Sección transversal de Bentofix® BZ 13-B.

Dos pruebas especiales que simulan esfuerzos hidráulicos típicos son la prueba de impacto y de turbulencia. La prueba de impacto puede usarse para simular la distribución de piedras de cubierta. Es decir, la energía de impacto de 1,200 Nm corresponde a un esfuerzo de impacto que ocurre cuando una piedra de tipo III (de acuerdo con EN 13383 LMB10/60 (10-60 kg); LMB = masa ligera, categoría B no es requisito para la masa promedio) con un peso de 60 kg cae de una altura de 2 m bajo condiciones secas. Para instalaciones submarinas, las construcciones o aplicaciones de diques donde el revestimiento no se coloca directamente sobre el Bentofix®, los requisitos de impacto se reducen considerablemente. Normalmente, Bentofix® tipo BZ 13-B se usa para instalaciones submarinas con el fin de resistir estas cargas sin pérdida de desempeño. La prueba de turbulencia que simula la acción dinámica de una ola ocasionada por la corriente de una hélice muestra que la bentonita no se "lavará o despegará" del Bentofix® bajo estas condiciones. Esta prueba aproxima los esfuerzos que pueden esperarse durante un lapso de 10 años en la mayoría de las rutas marítimas.

Figura 4
Prueba de
Impacto.



Bentofix® se fabrica uniformemente con perforado con aguas independiente de la dirección (reforzamiento de fibras) sobre toda su área superficial, con más de dos millones de fibras de reforzamiento por metro cuadrado. Debido a la estructura superficial de la cubierta de perforado con aguja y geotextiles no tejidos de transporte y los ángulos de fricción tanto internos como externos, es posible tener inclinaciones de la pendiente de 2.5 h:1 v o mayor, dependiendo de las condiciones existentes del suelo y de la longitud de pendiente. En condiciones de suelos pobres o en pendientes más abruptas, la geomalla Secugrid® se puede usar para asegurar aún más la estabilidad de la pendiente.

Conclusión

En todo el mundo se ha probado el desempeño de Bentofix® en pruebas de laboratorio, pruebas en el campo y en servicio, ya que NAUE las desarrolló en 1987. Bentofix® es adecuado para diques y presas de sellado así como para aguas continentales que fluyen o turbulentas. Los estilos estándar o específicos al proyecto tal como Bentofix® BZ 13-B, se pueden emplear para instalaciones submarinas, con material de lastre de arena integrales.

Para fines de sellado de ingeniería hidráulica, se requieren otras propiedades físicas para recubrimientos de geosintéticos de arcilla – no solamente baja permeabilidad. Bentofix® cumple con estos requisitos ofreciendo una alta resistencia al impacto, encapsulamiento estable a la erosión de la bentonita así como una alta resistencia al corte.

Diseño Secciones cruzadas Detalles



Figure 7: Sellado de una cisterna de agua con Bentofix® GCL perforado con aguja.



Figure 8: Instalación bajo abajo de Bentofix® BZ 13-B con plantilla de arena.

Protección Costera

Figura 9
Arrecife artificial como rompeolas hecho de Terrafix Soft Rock® Megacontenedores Narrowneck (Costa de Oro, Australia).



Las medidas de protección costera están diseñadas para proteger las inundaciones terrestres y minimizar la erosión de la litoral ocasionada por el constante movimiento del mar. Los geosintéticos se usan en varias aplicaciones de protección costera tales como filtros en diques y presas, para cimentaciones bajo rompeolas y escolleras así como en el uso de contenedores de geotextiles como elementos estructuras en rompeolas, malecones así como para estabilización de lechos y terraplenes.

Estabilización de diques

Los geotextiles Terrafix® perforados con aguja se usan para proteger la litoral cuando se usan el área de pie de malecones y diques. Mejoran la eficiencia de construcción si la corrientes de mar ocasionar erosión superficial o desplazamiento inaceptable del suelo. Los Terrafix® no tejidos tridimensionales, con poros tipo laberinto y canales no solamente son similares a la estructura del mismo suelo, sino que, si están diseñados correctamente, también aumentan la estabilidad del recudimiento contra esfuerzos de impactos ocasionados por el movimiento del mar. Los geotextiles Terrafix® perforados con aguja se usan para proteger la litoral cuando se usan el área de pie de malecones y diques.

Figura 10
Relleno de arena de Roca Suave para la protección de la costa (Figueira da Foz, Portugal).



Mejoran la eficiencia de construcción si la corrientes de mar ocasionar erosión superficial o desplazamiento inaceptable del suelo. Los Terrafix® no tejidos tridimensionales, con poros tipo laberinto y canales no solamente son similares a la estructura del mismo suelo, sino que, si están diseñados correctamente, también aumentan la estabilidad del recudimiento contra esfuerzos de impactos ocasionados por el movimiento del mar. Para fuerzas hidrodinámicas costeras y las arenas típicas de finas a medianas, se puede usar el siguiente enfoque simplificado de ingeniería para determinar el tamaño de apertura efectivo de 0₉₀W de un filtro de geotextil cuando se usa debajo de un recubrimiento abierto:

$$0_{90}, W = d_{50} \text{ del subsuelo}$$

El espesor mínimo del filtro de geotextil debe de ser de 4.5 mm (por favor consulte el capítulo "Filtración") con el fin de asegurar la estabilidad y permanencia del filtro. Debido a su extraordinaria robustez, los geotextiles Terrafix® con una masa de aproximadamente 600 g/m² se usan debajo de bloques o pedraplenes.

Se usa geotextil con una masa mínima por unidad de área de 600 g/m² siempre que se coloque roca de armadura con pesos individuales de ≤ 60 kg tipo II (LMB5/40) o III (LMB10/60) directamente sobre geotextiles Terrafix®, o donde se hayan instalado recubrimientos de concreto para aplicaciones con esfuerzos altos. En lugares donde el peso de la piedra individual excede de 60 kg, se recomiendan los geotextiles Terrafix® con una masa por unidad de área más alta. En el caso de diques con bajo esfuerzo, los filtros de geotextiles Terrafix® con una masa mínimo de 500 g/m² y un espesor mínimo de 4.5 mm sirven para encapsular y estabilizar el núcleo o centro de arena de la erosión. Cuando ocurre una inundación, ellos evitan que se lave la arena y aseguran la estabilidad del dique. La capa vegetal así como los bloques de concreto pueden actuar como una capa de cubierta efectiva sobre el geotextil.

Rompeolas, escolleras y malecones

En algunos casos los diques solos no son suficientes para la protección de la costa. Las estructuras tales como rompeolas, escolleras y malecones se usan para evitar la erosión de zonas costeras e influenciar directamente las corrientes de mar localizadas. Las plantillas de arena Terrafix® proporcionan estabilidad así como protección contra la socavación para estas estructuras. Aún en agua más profundas, la instalación bajo agua de Terrafix® B 813 es fácil, debido a la capa de lastre de arena integral. Dependiendo de las condiciones del subsuelo, las capas de filtro Terrafix® que tienen al menos un espesor de 4.5 mm (para suelos tipos 1 y 3) o 6.0 mm de espesor (para suelo tipo 4), aseguran la estabilidad del filtro del subrasante de grano fino.

Diseño Secciones cruzadas Detalles

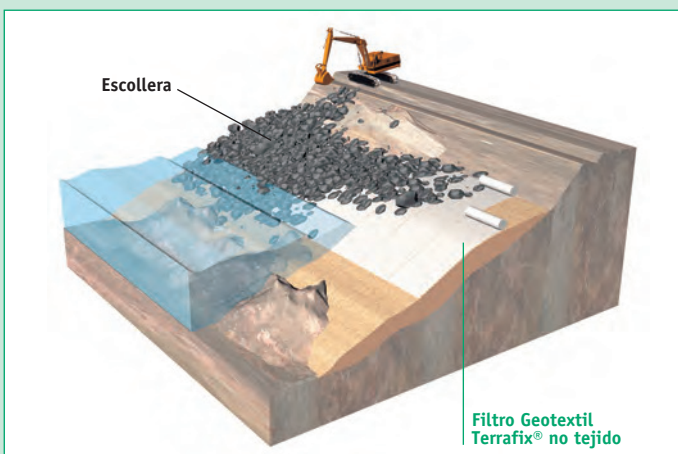


Figura 13: Movimiento estándar que consiste de pedraplén y geotextil Terrafix® de filtro no tejido.

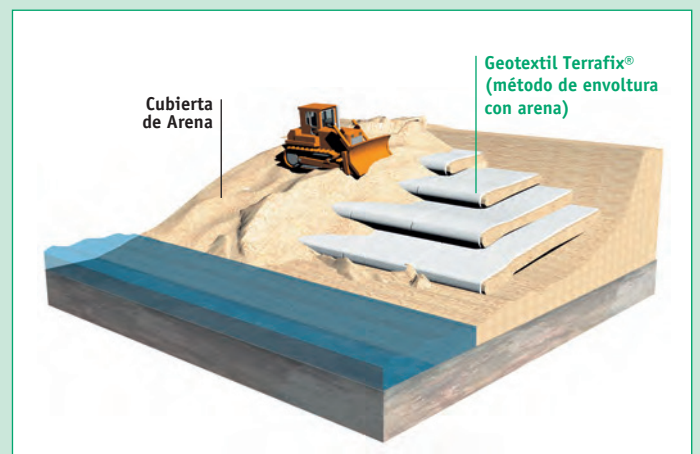


Figura 14: Estabilización de duna con geotextiles Terrafix® para la construcción de una duna artificial.

Las geomallas Secugrid® se usan como elementos adicionales de reforzamiento donde es posible que falle la cimentación. Las medidas de reforzamiento requeridas para estructuras transversales dependen de los esfuerzos prevalentes de corrientes del mar al cual están sujetas. Para esfuerzos de baja corriente, se puede colocar geotextil no tejido perforado con aguja Terrafix® o una plantilla de arena Terrafix® sobre el núcleo de la presa arenosa y cubiertos con pedraplén. Para esfuerzos de corriente medianos, se recomienda que el núcleo de la presa se refuerce con dos o tres capas de contenedores de arena de Roca Suave antes de instalar el recubrimiento. Los rompeolas se pueden construir completamente con contenedores de arena de Roca Suave, y si se requiere, cubrirse con el recubrimiento apropiado.

Figura 11
El método de construcción de colchón Terrafix® estabiliza el litoral en frente de Haus Kliffende (Sylt, Alemania)



Los contenedores de arena de Roca Suave consisten de geotextiles no tejidos perforados con aguja de ≥ 30 kN/m. Para todas las costuras se requiere más del 80% del esfuerzo del geotextile no tejido. Terrafix® se caracteriza por su robustez y capacidad de elongación. Los contenedores de arena de Roca Suave se pueden colocar en su posición exacta y sobre terreno granular sin un alto riesgo de daño al usar agarraderas para excavadora específicas ("pinzas"). Cuando se diseña de forma correcta, aún el impacto dinámico de volteo no reduce el desempeño de Terrafix Soft Rock® debido a la flexibilidad del geotextile no tejido Terrafix®. Las almejas, algas y otras formas de vida submarinas se adhieren a las fibras plegadas que están parcialmente en posición vertical, de manera que los contenedores de arena de Roca Suave se integran rápida y fácilmente en el ecosistema sensible del mar.

Control de erosión de la costa

Las olas de tormenta pueden poner a todo el mar en movimiento, donde su energía puede alcanzar el rompeolas de la zona costera induciendo erosión y desplazamiento morfológico.



Figura 12
Cobertura del pedraplén sobre filtros de geotextiles Terrafix® no tejidos (Fort William, Escocia).

En tales casos, los contenedores de arena de Roca Suave que se usaron como arrecifes artificiales sirven como rompeoleros submarinos con el fin de reducir la energía de la ola. Dependiendo de los requerimientos, los contenedores de arena de Roca Suave pueden tener un volumen desde 1 m³ hasta 250 m³. Debido a la alta capacidad de elongación de los geotextiles Terrafix® no tejidos perforados con aguja se usan para manejar el esfuerzo crítico que puede ocurrir durante el proceso de instalación. Los contenedores de arena de Roca Suave se acomodan de forma fácil a las superficies irregulares. Los filtros de geotextiles no tejido Terrafix® también se usan para construir dunas artificiales. Al usar un método único envolvente, los geotextiles Terrafix® no tejidos encapsulan una capa de arena y entonces se plantan con arbustos y pastos localmente disponibles. Debido a una alta resistencia a la abrasión y capacidad de elongación de los geotextiles no tejidos Terrafix®, esta técnica de construcción proporciona una excelente resistencia al impacto de las olas año tras año, evitando la erosión del litoral (ver figuras 11 y 16).

Conclusión

Las soluciones del sistema Terrafix® permiten la implementación de medidas innovadoras de protección costera. Los geotextiles no tejidos Terrafix® perforados con aguja, plantillas de arena y contenedores de arena pueden emplearse de forma efectiva en diques, estructuras transversales así como rompeolas para control de erosión. La colocación de productos Terrafix® robustos y resistentes se pueden llevar a condiciones secas, así como barcos o bajo el agua (de forma submarina). Los productos Terrafix® permiten nuevos enfoques en la protección de litorales que están cerca de la naturaleza.

Diseño Secciones cruzadas Detalles

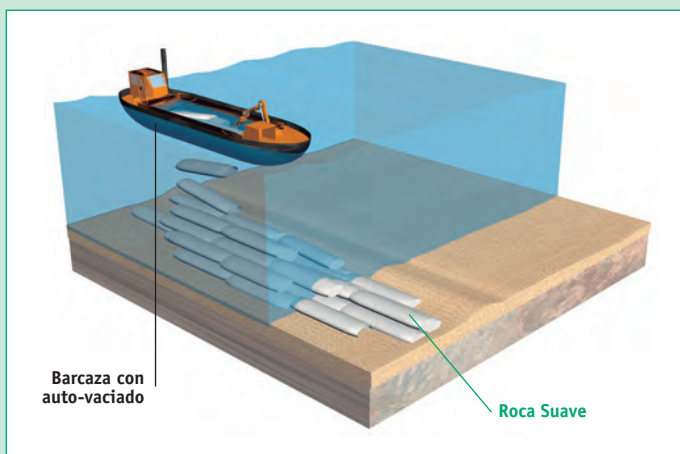


Figura 15: Instalación de un rompeolas de Roca Suave usando una barcaza de descarga de fondo dividida.

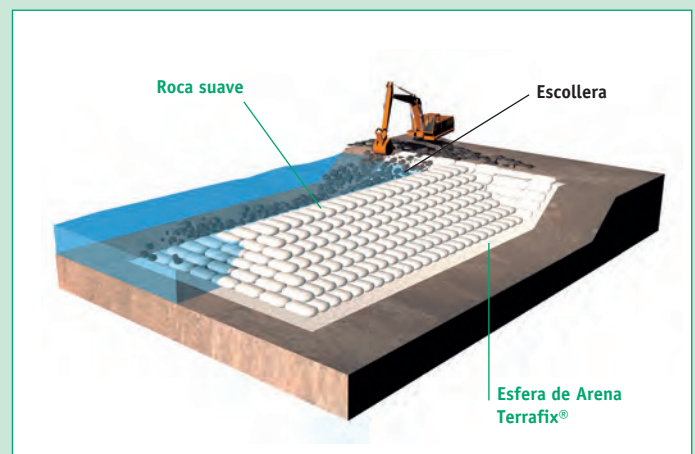


Figura 16: Construcción de rompeolas hecho de Roca Suave.

Aguas corrientes

Figura 17
Instalación de contenedores de arena de Roca Suave en el Río Cibadak (Bogor, Indonesia).



Los geosintéticos se usan como filtros, elementos de sellado así como para la protección de socavación en aguas corrientes. Con frecuencia, los materiales de construcción natural no son adecuados en desempeño sin una ingeniería significativa – con frecuencia el uso de geosintéticos se requiere como apoyo de sistemas naturales tanto para el desempeño como para ahorros. Los aspectos ecológicos juegan un papel importante en la ingeniería hidráulica ya que es importante proteger así como para preservar el habitat natural de la flora y fauna. Los sistemas de NAUE ofrecen beneficios ecológicos, técnicos y económicos juntos en una sola solución.

Filtración

Los geotextiles Terrafix® perforados con aguja realzan significativamente el desempeño del sistema cuando se usan dos capas de suelo con estructuras de grano diferentes o no estables al filtro así como cuando se instala un recubrimiento. Aún donde solamente se anticipan cargas hidrostáticas, por lo general se recomienda seguir los requisitos de MAG-

Figura 18
Instalación submarina de Plantillas de arena Terrafix® como protección con socavación (Feldheim, Alemania).



(Instrucciones para el uso de filtros de geotextiles en vías navegables, Instituto Federal para Ingeniería hidráulica (BAW), Karlsruhe, Alemania 1993). En aplicaciones de filtros para tipos de suelos del 1 al 3, Terrafix® 609 con un espesor mínimo de 4.5 mm se adapta bien (para mayores detalles por favor consulte el capítulo “filtración”, páginas 6-7 en el original), mientras que para suelos de tipos del 1 al 4, Terrafix® 813 con un espesor mínimo de 6.0 mm sería el adecuado. Se deben de seguir las instrucciones de instalación para diferentes velocidades actuales descritas en el capítulo “filtración” durante las instalaciones submarinas comunes. En el caso de aguas más profundas y altas velocidades de corrientes, se recomienda el uso de las plantillas de arena Terrafix® o contenedores de arena Roca Suave ya que proporcionan una excelente estabilidad.



Figura 19
Instalación de pedraplén sobre filtros de geotextiles Terrafix® no tejidos.

La estructura de fibra tridimensional de geotextiles Terrafix® no tejidos muestran una alta capacidad de elongación y robustez. Con estas características, ellos fácilmente acomodan subrasantes irregulares o suaves y son capaces de resistir las cargas de instalación cuando se cubren con piedra, sin pérdida de su desempeño de filtración. El espacio del poro largo efectivo del geotextile Terrafix® no tejido ofrece un excelente ambiente para el establecimiento de propagación continua de la fauna y flora locales.

Protección contra socavación

Cuando la velocidad de la corriente es alta, siempre existe el riesgo de socavación. Con las corrientes turbulentas típicas de estructuras artificiales tales como pilares de puente y cimentaciones de vados, el riesgo de socavación es particular-

Diseño Secciones cruzadas Detalles

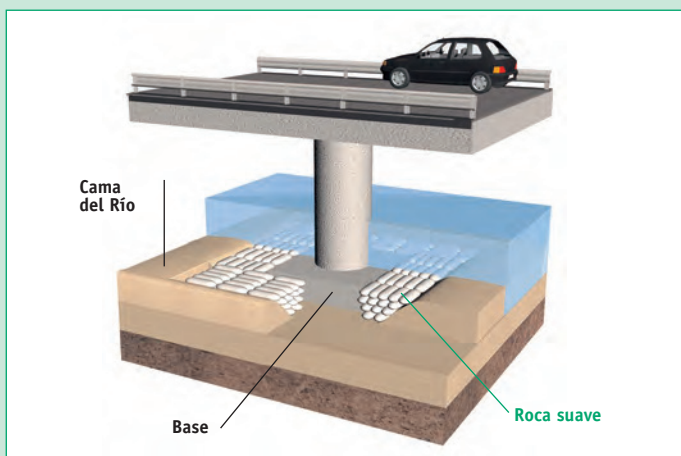


Figura 22: Protección contra socavación para estructuras masivas con Roca Suave.

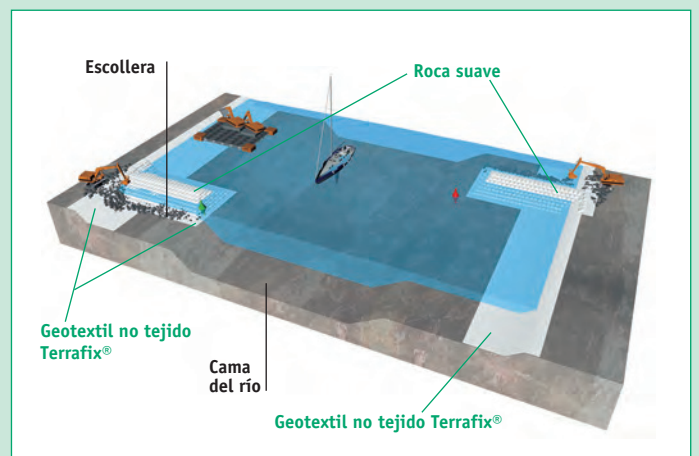


Figura 23: Construcción de recubrimiento y rompeolas como control de la erosión.

mente alto. Los contenedores de arena de roca suave son una solución ideal para reparar cavidades de socavación existentes en lechos de ríos u otros canales de agua. Los contenedores se pueden llenar con material arenoso local bajo condiciones secas y colocarse en la posición deseada con el equipo apropiado. Al utilizar geotextiles robustos no tejidos perforados con aguja, los contenedores de arena de Roca Suave se adaptan fácilmente y resisten condiciones rudas mientras evitan más socavación.

Figura 20
Cubierta de revestimiento de arcilla geosintética Bentofix® (Cottbus, Alemania).



Los rompeolas fabricados de contenedores de arena Terrafix® se usan para evitar la socavación en curvas o recodos de ríos cuando se construyen en ángulos rectos al margen del río. Si el subsuelo es particularmente suave, el terreno se puede estabilizar con plantillas de arena de Terrafix®. En ciertos casos se puede requerir el uso adicional de geomallas Secugrid® donde se requiere un reforzamiento sustancial del subrasante. El amplio rango de productos geosintéticos Terrafix® ofrecen soluciones a largo plazo y económicas para resistir fuerzas destructivas naturales, sin importar el tipo de suelo o diseño del recubrimiento.

Sellado

En algunos casos es necesario construir un sello artificial en aguas internas corrientes (agua dulce). Bentofix® ofrece variaciones en el producto de recubrimiento de geosintético Bentofix® de arcilla que se puede instalar tanto en condiciones secas como húmedas para este fin (para mayores detalles por favor consulte el capítulo "sellado"). Tal vez sea necesario el uso de sellos de presas y diques con el fin de evitar que se inunden áreas protegidas. Ya que este trabajo generalmente se realice bajo condiciones secas, las geomembranas Bentofix® y Carbofol® - combinadas con geotextiles no tejidos protectores como Terrafix® o Secutex®, ofrecen una de las mejores soluciones de revestimientos de la industria.



Figura 21
Instalación de Carbofol® para rehabilitación de un canal de una planta hidroeléctrica (Mittlere-Isar-Kanal, Erding, Alemania).

Para gravillas ligeras, se pueden usar geotextiles no tejidos perforados con aguja con una masa de 40 g/m² como capa protectora para el componente del revestimiento, mientras que los geotextiles no tejidos con una masa de 1,200 g/m² trabajarán bien en suelos con grano grueso.

Conclusión

Los geotextiles no tejidos Terrafix® son filtros efectivos para el control de erosión del subrasante en pendientes así como la base de aguas corrientes. Debido a su estructura robusta geotextil no tejido así como la alta capacidad de elongación y flexibilidad, pueden resistir condiciones de instalación difíciles mientras crean un habitat favorable para la flora y fauna locales. Las geomembranas Bentofix® GCL y Carbofol® se usan para sellado mientras que los geotextiles no tejidos Terrafix® o Secutex® protegen el Carbofol® de daños no deseados por parte de los suelos adyacentes. Los contenedores de arena de Roca Suave protegen contra socavación en estructuras hidráulicas, tales como cimentaciones y pilares de puentes. Son particularmente adecuados para la construcción de rompeolas y por lo tanto capaces de evitar mayor socavación.

Diseño Secciones cruzadas Detalles

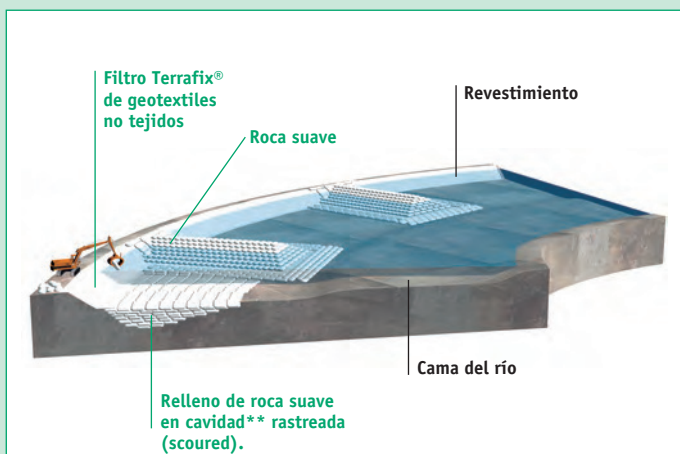


Figura 24: Las soluciones del sistema Terrafix® en el radio exterior de una corriente.

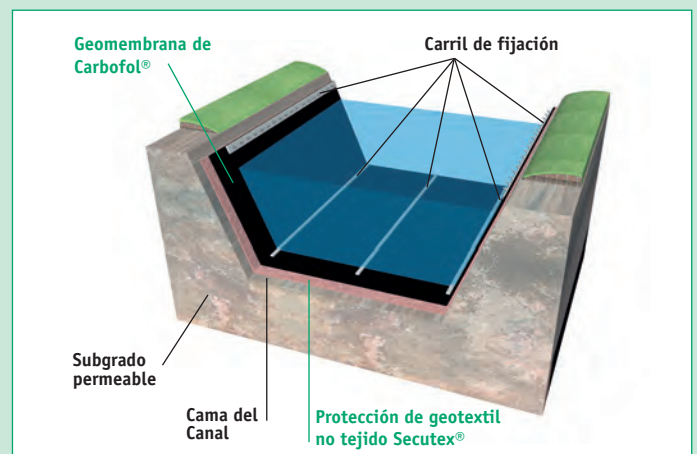


Figura 25: Revestimiento Carbofol® con Secutex® no tejido en canales.

Aguas embalsadas

Figura 26
Instalación submarina del revestimiento de arcilla geosintética Bentofix® BZ 13-B, manufacturado de fábrica con material de lastre (DEK, Greven, Alemania).



Durante siglos, el agua se ha almacenado o transportado en canales y embalses hechos por el hombre para que sea utilizable para el transporte, como fuente de energía o para el riego. Se puede utilizar una amplia gama de productos geosintéticos para crear rutas de navegación más eficientes, incluidas las utilizadas para la construcción o reparación de canales y muelles. Los geosintéticos facilitan métodos económicos y ecológicos para la construcción de depósitos de retención o barreras.

Filtración

Cuando se utilizan para la ingeniería hidráulica de transporte, los geotextiles Terrafix® no tejidos perforados con aguja se pueden usar eficazmente debajo de recubrimientos permeables como capa filtrante. Se seleccionan y diseñan-

Figura 27
Plantilla de arena Terrafix® para el control de la erosión (Tunel Warnow, Rostock, Alemania).



de acuerdo con la directriz técnica establecida "Instrucciones para el uso de filtros de geotextiles en cursos de agua" (MAG) del Instituto Federal de Ingeniería Hidráulica (BAW, Karlsruhe, Alemania, 1993). Dependiendo del tipo de suelo y revestimiento existentes, los geotextiles Terrafix® no tejidos que tienen un grosor mínimo de 4.5 mm a 6.0 mm son los más-

adecuados para evitar la erosión y el desplazamiento del suelo (consulte el capítulo "Filtración"). Incluso bajo altas cargas hidrodinámicas causadas por fluctuaciones rápidas del nivel del agua o por la turbulencia de las hélices de barcos, los geotextiles Terrafix® no tejidos mantienen sus propiedades mecánicas y la eficacia del filtro. Los productos compuestos Terrafix®, los cuales muestran una capa gruesa de fibra pueden emplearse de manera efectiva para estabilizar la capa límite de suelo/filtro en suelos con alta movilidad de grano simple, evitando el desplazamiento de partículas bajo el filtro de geotextil Terrafix®.

Se pueden producir tensiones mecánicas elevadas durante el proceso de instalación, así como del tráfico marítimo. Por esta razón, los filtros geotextiles deben exhibir una resistencia adecuada al impacto y la abrasión. ¡Los geotextiles Terrafix® ofrecen estas propiedades y más! Su alta capacidad de alargamiento y su robustez les permite acomodar fácilmente subrasantes irregulares o blandas a la vez que evita daños a la estructura no tejida cuando está cubierta de piedra. La estructura tridimensional perforada con agujas de fibras onduladas proporciona altas características de abrasión y resistencia a cualquier movimiento del revestimiento.

En aguas rápidas o turbulentas causadas por el efecto de hélices, las características físicas generales hacen que la instalación y el posicionamiento de un geotextil no tejido sea una ciencia inexacta. Sin embargo, la plantilla de arena Terrafix® permite que el filtro geotextil se coloque de forma rápida y precisa de forma submarina debido al lastre de una masa de arena encapsulada, proporcionando una estabilidad permanente simple. Terrafix® ofrece estabilidad de filtro contra suelos finamente granulados, mientras que es suficientemente robusto para resistir el daño de la cubierta de piedra.

Sellado

En las rutas de navegación de agua dulce tierra adentro, donde el nivel del agua está a una altura superior al nivel del agua subterránea natural, se requiere un sellado artificial para evitar que el agua "se drene" al nivel del agua subterránea. Los revestimientos de arcilla geosintéticos Bentofix® o las geomembranas Carbofol® son productos de revestimiento muy adecuados para instalaciones secas. Cuando se usan geomembranas, se recomiendan los geotextiles no tejidos perforados con aguja Terrafix® o Secutex® como capa protectora. Las geomembranas Carbofol® estructuradas o texturiza-

Diseño Secciones cruzadas Detalles

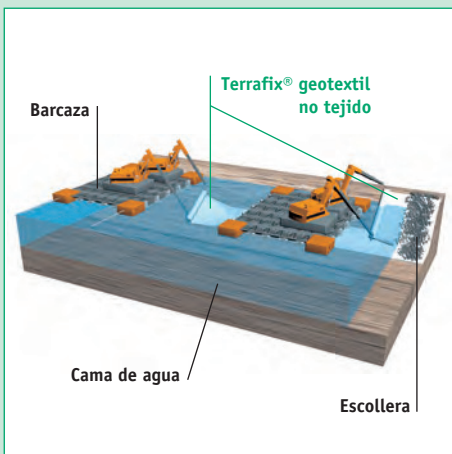


Figura 30: Aplicación estándar de filtros de geotextiles no tejidos Terrafix® en la pendiente y lecho del río o canal.

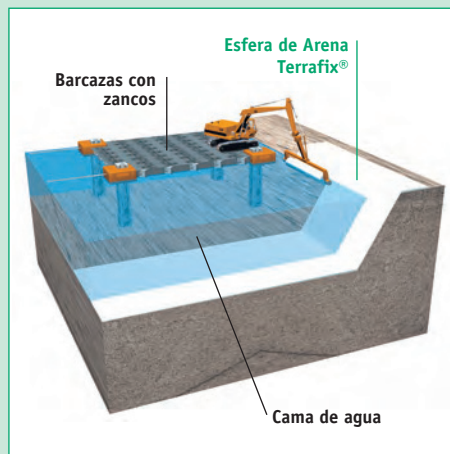


Figura 31: Instalación de plantillas de arena Terrafix® como filtro en la pendiente y lecho del río o canal a altas velocidades de corrientes.

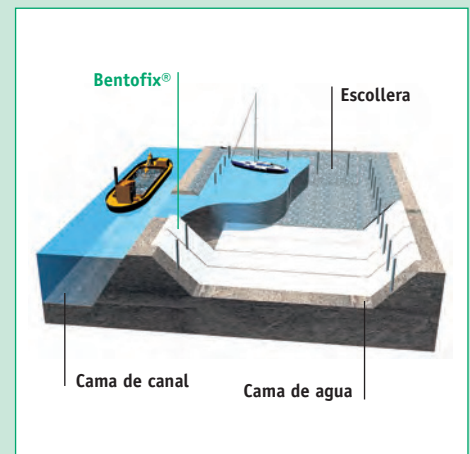


Figura 32: Sellado de una cuenca de un puente interior con revestimiento de geosintético de arcilla Bentofix®.

das están disponibles para transferir eficazmente las fuerzas de cizallamiento en diseños de pendientes desafiantes. De todos modos, se deben realizar pruebas de cizallamiento directo específicas del proyecto para verificar los parámetros requeridos de resistencia al cizallamiento para utilizarlos en el cálculo del análisis de estabilidad de taludes.

Figure 28
Instalación de Bentofix® como material de sellado secundario (Isarkanal, Munich, Alemania)



Cuando no se puede interrumpir el tráfico marítimo tierra adentro, se recomienda la instalación debajo del agua del revestimiento de arcilla geosintética Bentofix® BZ 13-B. Cuenta con un revestimiento de arcilla de bentonita con una capa de lastre de arena adicional y un geotextil no tejido encapsulante. Debido a nuestra tecnología única, este compuesto de geotextil/revestimiento está uniformemente reforzado con perforado de dirección independiente en toda su superficie. Con una masa por unidad de área de 8 kg/m², el pesado relleno de arena cumple varias funciones: facilita el hinchamiento uniforme de la bentonita, lo que garantiza una función hidráulica constante en todo el GCL; protege contra el esfuerzo de impacto durante la instalación de piedras de cobertura; y con la tecnología de instalación adecuada, garantiza un posicionamiento preciso para que el revestimiento de arcilla Bentofix® BZ 13-B y el lastre de arena permanezcan en una posición permanente y estable incluso durante el tráfico marítimo. Bentofix® BZ 13-B también está impregnado uniformemente con bentonita en polvo en toda su área de la orilla para garantizar un correcto sellado en las superposiciones.

Figura 29
Sellado del puerto para yates con revestimiento de arcilla geosintético Bentofix® (MLK, Minden, Alemania).



Protección

Dependiendo del subrasante y del material de la cubierta, geotextiles protectores no tejidos perforados adecuadamente especificados como Terrafix® o Secutex® tanto arriba como debajo de la geomembrana Carbofol® minimizarán el potencial de daño causado por suelos circundantes. Para gravilla ligera ($\leq 30\%$ de porción de grava) o el material de cobertura correspondiente, se debe utilizar un geotextil no tejido perforado con una masa por unidad de área de 400 g/m². Los suelos de grano más grueso pueden requerir materiales no tejidos que exhiban una masa por unidad de área de al menos 1,200 g/m².

Control de erosión

En pendientes con suelos de grano especialmente fino, la fuerte precipitación y el impacto de las olas pueden causar erosión de la superficie. Puede ocurrir erosión y surcos significativos si la pendiente tiene poca vegetación. Las plantillas geosintéticas para el control de la erosión se usan comúnmente para abordar las condiciones difíciles y propensas a la erosión. La plantilla de control de la erosión Secumat® puede reducir significativamente el desgaste del suelo durante las fuertes lluvias, su estructura en forma de laberinto tridimensional e irregular está diseñada para permitir que tanto el suelo de grano fino como el de gravilla llenen la estructura abierta contorneada. La estructura irregular de Secumat® mantiene el suelo en posición en pendientes más pronunciadas y proporciona soporte estructural a la vegetación durante las primeras etapas de crecimiento de la planta. El uso de resinas de propileno (PP) de alta calidad hace que Secumat® sea resistente a los químicos naturales del suelo, a los microorganismos del suelo y a la radiación UV. La gama de productos Secumat® también está disponible con un geotextil no tejido perforado unido al lado inferior. Instalado con la superficie de malla tridimensional hacia arriba, realizará dos funciones: separación del suelo y control de la erosión.

Conclusión

Los robustos geotextiles Terrafix® se pueden emplear eficazmente bajo revestimientos permeables para proporcionar estabilidad del filtro al subsuelo. Los revestimientos de arcilla geosintéticos Bentofix® y las geomembranas Carbofol® son productos ideales para una gran variedad de aplicaciones de sellado. El producto Carbofol® debe instalarse en condiciones secas y está protegido contra cargas mecánicas por los geotextiles Terrafix® no tejidos o Secutex®. Por el contrario, Bentofix® puede instalarse de forma subacuática, la plantilla de arena integrada proporciona un control confinado de la carga durante la hinchazón de la bentonita y protege la plantilla de bentonita cuando está cubierta con piedras de cobertura. En áreas donde se produce un impacto de olas, Secumat® protege las pendientes de la erosión durante las primeras etapas del crecimiento de la planta. ■

Diseño Secciones cruzadas Detalles

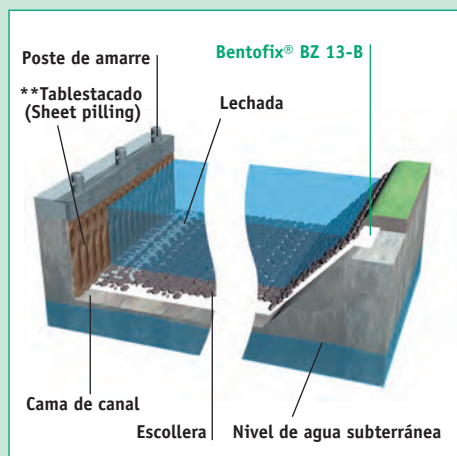


Figura 33: Sellado de una canal con revestimiento de geosintético de arcilla Bentofix®, fabricado en fábrica con material de lastre para instalarse bajo el agua.

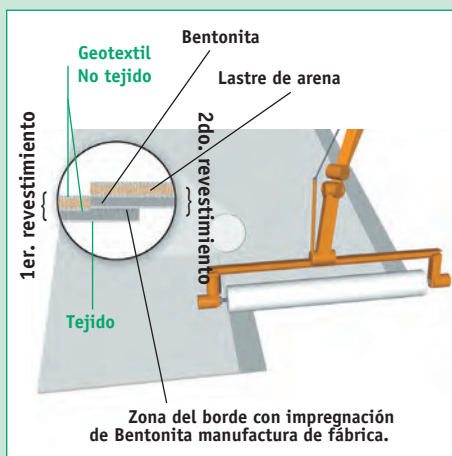


Figura 34: Vista esquemática de Bentofix® BZ 13-B traslapado.

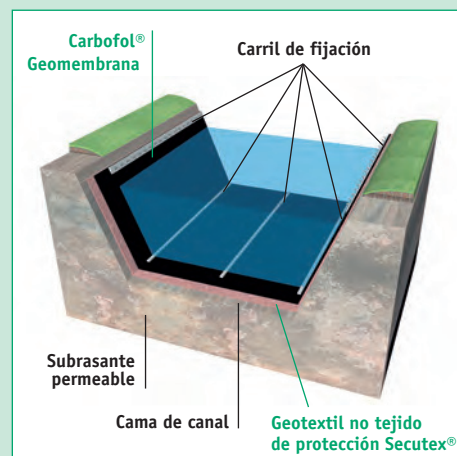


Figura 35: Revestimiento con geomembranas de Carbofol® para canales de plantas hidroeléctricas.

Construcción de diques

Figura 36
Impregnación de bentonita manufacturada en fábrica en los traslapes y las marcas de tinta del traslape de Bentofix®.



Para aplicaciones de diques, los geosintéticos realizan funciones importantes, como la estabilidad a largo plazo y la impermeabilización. Los geosintéticos NAUE se han usado en estas exigentes aplicaciones durante décadas.

Reducción en la disminución de la presión del poro

Los filtros de carga se colocan aguas abajo (del lado del aire) para mejorar la estabilidad y para reducir la línea de filtración en caso de inundación. Al recoger el agua aguas abajo, el filtro reduce la presión de poro existente en el dique y evita la acumulación excesiva de presión del poro, proporcionando así estabilidad al dique. Los geotextiles no tejidos perforados Terrafix® cumplen con los desafiantes requisitos de estabilidad del filtro: se pueden utilizar eficazmente como una capa de filtro entre el núcleo del dique y el filtro, así como en la base del propio dique. Aguas arriba (el lado del agua), los geotextiles Terrafix® evitan el lavado permanente del suelo, lo que podría reducir significativamente la estabilidad del dique. Los canales tridimensionales de poros en forma de laberinto de Terrafix® proporcionan una excelente estabilidad del filtro debido a su estructura similar al suelo. Además, los geotextiles Terrafix® son extremadamente robustos debido a su alta capacidad de elongación, lo que les permite acomodar fácilmente el subsuelo irregular o blando.

Sellado

Para la reparación o la nueva construcción de un dique para agua dulce, el revestimiento de arcilla geosintética Bentofix® de 7 mm de grosor es una alternativa económica en comparación con el revestimiento de arcilla compacta de 60 cm de espesor. Cuando se instala en la superficie corriente arriba, la bentonita de sodio en polvo de alta hinchazón ofrece un excelente sello de baja permeabilidad. Bentofix® se fabrica con perforado de dirección independiente, con más de dos millones de fibras por metro cuadrado.

Los ángulos de pendientes de 2.5 h: 1 v o mayores son posibles debido a la estructura superficial de la cubierta y portadores perforados con aguja y no tejidos, así como la gran resistencia al corte interno y externo. En condiciones de suelos pobres o en pendientes más pronunciadas, se pueden utilizar las geomallas Secugrid® para garantizar aún más la estabilidad de la pendiente.

Debido a su perfil delgado, los revestimientos de arcilla Bentofix® consumen menos volumen que la arcilla compactada, y pueden requerir una remoción de tierra significativamente menor, especialmente en el caso de la reparación de diques. El producto Bentofix® BFG 5000 también presenta una cobertura de geotextil no tejido que fue uniformemente impregnada con una segunda capa de polvo de bentonita de sodio sobre toda su superficie. La bentonita adicional en la cubierta de geotextil no tejido puede ayudar a que la instalación avance más eficientemente en comparación con instalaciones donde los traslapes se deben sellar con bentonita adicional.

Los geotextiles de portador y cubierta de revestimientos de arcilla geosintética Bentofix® protegen el núcleo de bentonita a la vez que brindan una robustez suficiente para su manipulación en el sitio. Cuando se esperan altas cargas normales, se debe usar Bentofix® fabricado con geotextiles no tejidos que exhiban una masa por unidad de área de 300 g/m².

Alternativamente, se pueden instalar geomembranas de HDPE Carbofol® de 1.5 mm de grosor. No solo son fáciles de colocar, las geomembranas de Carbofol® HDPE son fáciles de soldar, debido al favorable índice de flujo de fusión de la resina.



Figura 37.
Instalación de un revestimiento de arcilla geosintética Bentofix® en un dique con una sola barra esparcidora de instalación (Offenburg, Alemania).

Diseño Secciones cruzadas Detalles

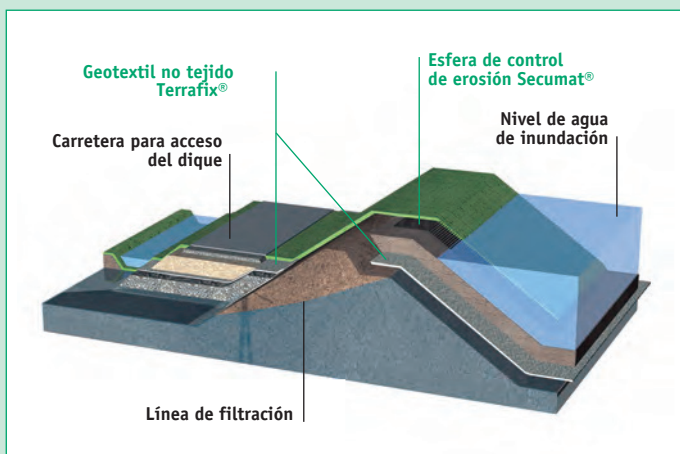


Figura 41: Sección transversal de un dique expuesto a la inundación con un filtro de carga, estabilizado con geotextil Terrafix® no tejido y plantillas de control de erosión Secumat®.

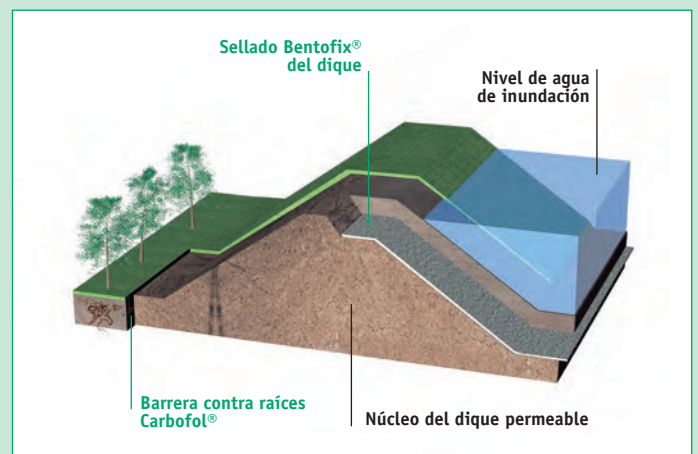


Figura 42: Sección transversal de un dique sellado con revestimiento de geosintético Bentofix® de arcilla y barrera de raíz corriente abajo con geomembrana Carbofol®.

La textura de la superficie está disponible para transferir eficazmente las fuerzas de cizalla en las ubicaciones de pendientes. Independientemente, las pruebas de cizallamiento directo específicas del proyecto se deben realizar para verificar los parámetros requeridos de resistencia al cizallamiento de los suelos de confinamiento y para calcular la estabilidad.

Dependiendo de los requisitos, se pueden instalar geotextiles no tejidos perforados como Terrafix® o Secutex® arriba y debajo de las geomembranas Carbofol® para mayor protección. Para gravilla ligera (porción de grava $\leq 30\%$) se deben usar no tejidos de protección con una masa por unidad de superficie de 400 g/m² para proteger la geomembrana Carbofol®. Los suelos de grano más grueso pueden requerir materiales no tejidos de protección, que exhiban una masa por unidad de área de 1,200 g/m².

Figura 38

Recubrimiento del sellado Bentofix® para un dique con una capa de tierra (Frankfurt/Oder, Alemania).



Protección contra enraizamiento

Las raíces de arbustos o de los árboles pueden penetrar en el filtro ubicado aguas abajo o en el cuerpo del dique, lo que puede reducir el rendimiento de drenaje del filtro o afectar la permeabilidad del revestimiento del dique. La colocación vertical de geomembranas Carbofol® de 1 mm de espesor garantiza la protección efectiva contra la penetración de la raíz y la estabilidad a largo plazo en áreas críticas.

Figura 39

Geotextil no tejido Terrafix® como un componente importante del filtro (Zehlten dorf, Alemania).



Con un grosor de 2 mm, Carbofol® también proporciona resistencia a largo plazo contra roedores.

Control de erosión

En las pendientes pronunciadas, las fuertes lluvias pueden provocar la formación de surcos o arrastrar las semillas de pasto joven. Las plantillas Secumat® de control de erosión inhiben la erosión superficial y la formación de surcos al retener el suelo y la semilla en una estructura tridimensional compleja. Secumat® se instala directamente en la pendiente y se llena con tierra. Las raíces se entrelazan gradualmente con la estructura tridimensional de Secumat®, entrelazando eficientemente las raíces y Secumat® con el suelo circundante.



Figura 40
Instalación de Bentofix® con una excavadora equipada de una sola barra separadora (Lebus, Alemania).

Conclusión

Los diques están diseñados para proteger contra inundaciones y deben funcionar correctamente durante este período limitado pero demandante. Los geotextiles Terrafix® se utilizan corriente arriba para evitar la erosión por lavado del suelo y aguas abajo en el área de salida de las líneas de filtración para evitar la erosión. Con geotextiles Terrafix, se mantiene el desempeño de drenaje completo del filtro y se garantiza la estabilidad de la estructura. Los revestimientos de arcilla geosintéticos Bentofix® y las geomembranas Carbofol® se utilizan ampliamente como componentes de sellado, mientras que los geotextiles Terrafix® no tejidos y Secutex® pueden proteger eficazmente al Carbofol® contra daños. Las geomallas Secugrid® mejoran aún más la estabilidad en el área de la pendiente, mientras que Secumat® o Carbofol® pueden proporcionar control de la erosión y protección contra la penetración de las raíces. Cuando usted necesite soluciones de sistema completas para la construcción segura y estable de diques, piense en los productos disponibles de NAUE, la elección natural. ■

Diseño Secciones cruzadas Detalles

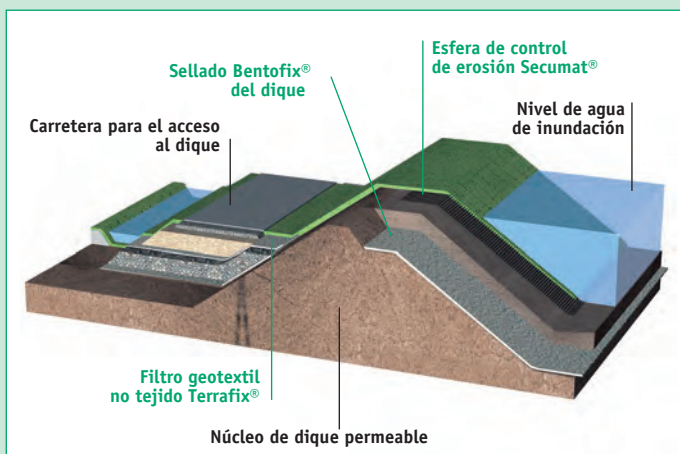


Figura 43: Sección transversal de un dique sellado con revestimiento de geosintético de arcilla Bentofix® y filtro de carga corriente abajo con geotextil Terrafix® no tejido.

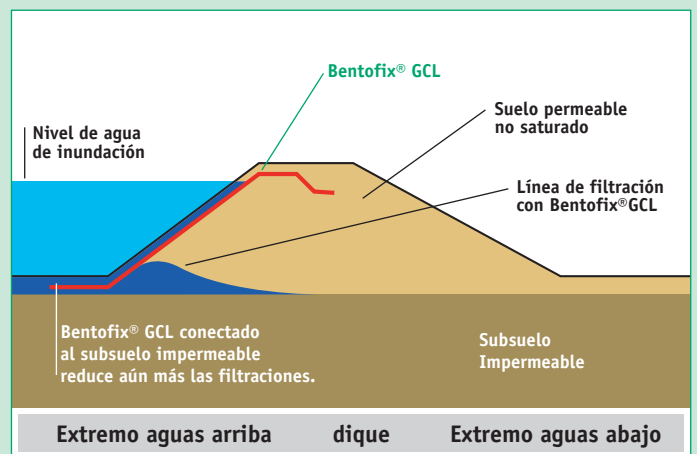


Figura 44: Eficiencia de sellado de revestimiento de geosintético de arcilla Bentofix® en un dique permeable.

Ecología

La ecología juega un papel importante en el diseño de vías acuáticas, diques, represas de retención, diques y medidas de protección de zonas costeras. Las pruebas de compatibilidad ambiental y las pautas para la restauración del paisaje son, por lo tanto, componentes específicos a considerar en la planificación de nuevas construcciones o extensiones de cursos de agua existentes.

A la planificación preliminar suele seguir un estudio de compatibilidad ambiental. Este estudio incluye una evaluación de los efectos en todos los aspectos ambientales. A partir de las opciones disponibles rentables, se sugiere la variante más compatible.

La planificación técnica detalla un plan específico teniendo en cuenta el medio ambiente, así como los aspectos económicos. Si ocurre un daño, aquellos que resulten impactados se deben compensar con las medidas adecuadas.

En última instancia, se recomienda el uso de geosintéticos beneficiosos para el medio ambiente, productos que protegen los recursos naturales y causan la cantidad mínima de emisiones durante el transporte y su instalación.

Protección de recursos

Los geosintéticos se utilizan en ingeniería hidráulica como equivalentes técnicos de materiales convencionales, como revestimientos minerales. Los revestimientos de arcilla geosintéticos Bentofix® se pueden utilizar en lugar de las capas de arcilla compactadas, mientras los filtros de geotextiles Terrafix® pueden reemplazar los filtros granulares para conservar los recursos naturales.

Un revestimiento de sellado Bentofix® de 1 cm de grosor técnicamente es equivalente a más de 50 cm de arcilla compactada y un geotextil con filtro Terrafix® de 4.5 a 6 mm de grosor puede reemplazar fácilmente a un filtro de agregado de 40 cm de grosor.

Además, el uso de geosintéticos generalmente requiere menos remoción de suelo, menos transporte y depósito.

Reducción de emisiones

Los balances ecológicos desarrollados por NAUE demuestran el balance energético favorable de los geosintéticos sobre los materiales naturales de construcción. El uso de Bentofix® GCLs requiere solo 2/3 de la energía requerida para compactar una capa de arcilla mineral en condiciones similares para lograr un rendimiento comparable.

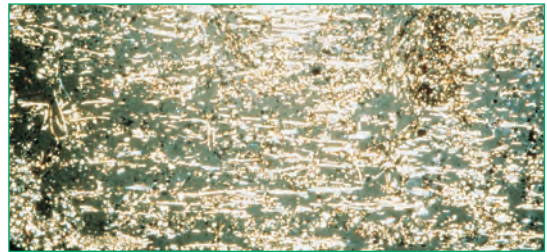
El transporte de 33,000 m² de Bentofix® GCL requiere solo ocho cargas de camión, mientras que el transporte de una cantidad correspondiente de arcilla mineral compactada para una capa de sellado de 20 cm de espesor requiere aproximadamente 550 cargas de camión (24 t cada una). Los geosintéticos son la opción más clara cuando se trata de reducir las emisiones de los vehículos.

Diseño cercano al de la naturaleza

Los métodos de construcción con geosintéticos se pueden integrar casi a cualquier paisaje. Numerosas estructuras de los años setenta y posteriores ilustran la variedad de opciones de diseño y vegetación.

Una amplia investigación muestra que los geosintéticos no tienen una influencia negativa en la flora y la fauna. Por el contrario, pueden ofrecer el almacenamiento de nutrientes y de calor para plantas y animales. ■





Aseguramiento de la calidad y del control

... el monitoreo continuo de materias primas, componentes, producción y productos.

Todas las materias primas, fibras o componentes entrantes, necesarios para la producción de nuestros geosintéticos, están sujetos a un estricto análisis de materiales. Los certificados de prueba de aceptación, presentados por los proveedores de materiales, son revisados y calificados de acuerdo con nuestros protocolos específicos de productos.

Durante la producción de todos los geosintéticos, se realizan medidas adicionales de aseguramiento de la calidad. Para evitar un conflicto de intereses, el personal de control de calidad se asigna a una división separada y autónoma de la división de producción.

Después de que se realicen todas las medidas de aseguramiento de la calidad definidas en el plan de aseguramiento de la calidad, se emitirá un certificado de aceptación de prueba según la norma ISO 10204 cuando se solicite. El material solo se liberará cuando haya pasado todas las revisiones de calidad, los controles y tenga toda la documentación de respaldo completada.

Estas medidas de control de calidad se realizan para todos nuestros productos de acuerdo con las normas y directrices vigentes en ese momento. Este control de calidad de manufactura continuo garantiza las características de desempeño del producto y permite una documentación completa desde la materia prima hasta el producto terminado.

Los geosintéticos NAUE también se someten a comprobaciones de procesos de calidad de terceros que normalmente se realizan dos veces al año (por ejemplo, DIN 18200). Los expertos independientes obtienen muestras de prueba de las diferentes instalaciones de producción de NAUE, así como de los diversos inventarios de productos. Las propiedades de los productos geosintéticos se prueban y documentan en detalle, incluida la notación de los procesos de producción, el tipo y el alcance del control de calidad de manufactura y cualquier otra observación pertinente.

Propiedades específicas de productos del proyecto

En casos especiales, se retiene a expertos independientes para probar las propiedades específicas del producto del proyecto y para certificar los resultados de la prueba. Estas pruebas son adicionales y completan el control de calidad de manufactura realizado en las materias primas y en los productos terminados.

Gestión de calidad según ISO 9001

Desde diciembre de 1994, las divisiones de desarrollo geosintético, producción, ventas e ingeniería geotécnica de NAUE GmbH & Co. KG fueron certificadas según la norma ISO 9001. Esta certificación se valida periódicamente mediante auditorías programadas.

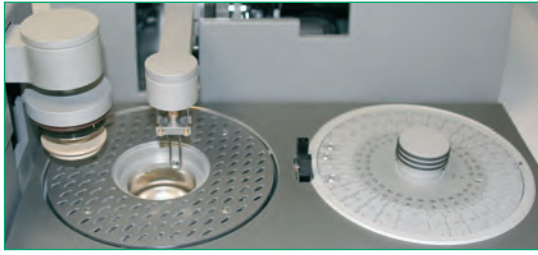
Con la ayuda de este sistema integrado de gestión de calidad, se comprenden y cumplen los requisitos del cliente y/o los proyectos. Si bien nos esforzamos continuamente por mejorar el nivel de calidad de nuestros productos y servicios existentes, nuestros estándares ISO 9001 garantizan una base de alta calidad.

Marcado CE obligatorio

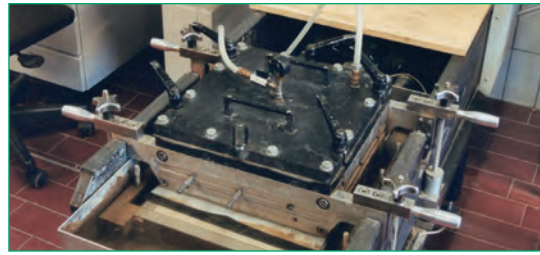
Desde el 1 de octubre de 2002, el marcado CE para geosintéticos se hizo obligatorio (con excepción de las plantillas para control de erosión). La marca CE certifica que un producto corresponde a las directrices europeas específicas del producto para aplicaciones y funciones específicas (separación, filtración, refuerzo, sellado, protección y drenaje). NAUE ha tomado todas las medidas necesarias para poner en práctica el marcado CE obligatorio.

A partir del 1 de julio de 2013, la base para el marcado CE obligatorio en los países de la UE es el nuevo "Reglamento de productos de construcción – CPR" (Reglamento (UE) 305/2011). Esta nueva regulación requiere que se emita una "Declaración de desempeño – DoP" para cada producto suministrado y debe enviarse al cliente si así lo solicita. Con el DoP, el proveedor garantiza que los valores de los productos geosintéticos son precisos y confiables, y que un producto se puede utilizar sin más pruebas dentro de las fronteras de la UE. Además del DoP, el CPR por ejemplo requiere que las características esenciales (armonizadas) que cumplen con los estándares relacionados con la aplicación se anoten en una etiqueta y se adjunten a cada rollo geosintético junto con el logotipo de CE. NAUE implementó estas reglas con éxito desde el 1 de julio de 2013. ■





Identificación de materia prima según el método DSC (EN ISO 11357)



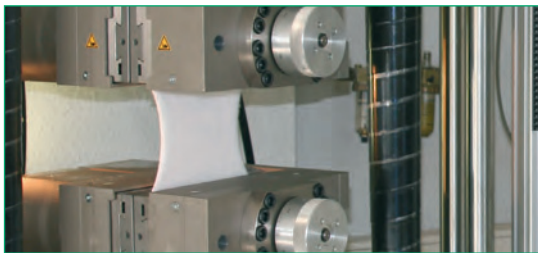
Dispositivo de corte directo para la determinación de coeficientes de fricción (ISO 12957-1)



Determinación de las propiedades de resistencia y alargamiento de fibras individuales (EN ISO 5079)



Determinación del contenido de montmorillonita de bentonita mediante el método de adsorción de azul de metileno (titulación) (VDG P69)



Prueba de resistencia a la tracción en bandas de anchura amplia (EN ISO 10319)



Determinación de la resistencia al pelado de la unión de revestimientos de arcilla geosintéticos Bentofix® (ASTM 6496)



Prueba de punción estática (EN ISO 12236)



Prueba de resistencia a la tracción de geomallas Secugrid® (EN ISO 10319)



Determinación de la capacidad de flujo de agua en su plano (EN ISO 12958)



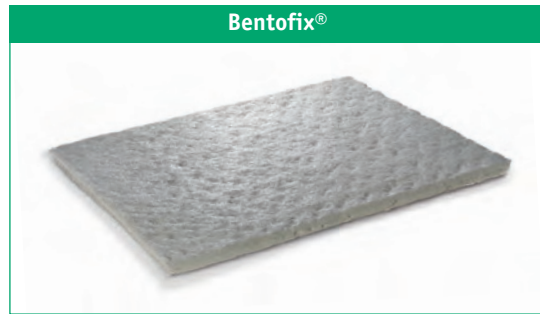
Prueba de tracción en la geomembrana Carbofol® (EN ISO 527)

Productos

Las innovaciones de NAUE están llevando la industria geosintética hacia el futuro. Ofrecemos el desarrollo de productos específicos para proyectos, soporte de ingeniería geotécnica y ofrecemos soluciones a desafíos complicados, simplificando su proyecto.



Las geomembranas Carbofol® están hechas con polietileno de alta densidad (HDPE). Están disponibles en diferentes grosores y con diferentes superficies para todas sus tareas de sellado.



Bentofix® es un revestimiento de arcilla geosintético reforzado y perforado con aguja (GCL) que utiliza dos capas geotextiles para encapsular una capa de bentonita de sodio natural. Las fibras perforadas con aguja transmiten las fuerzas de cizallamiento a través del núcleo de bentonita. Se utiliza como una barrera de sellado contra líquidos y gases en diversas aplicaciones civiles y ambientales.

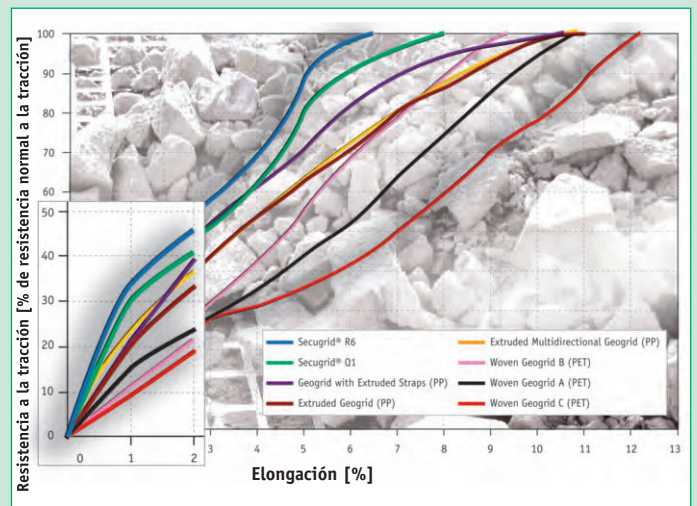
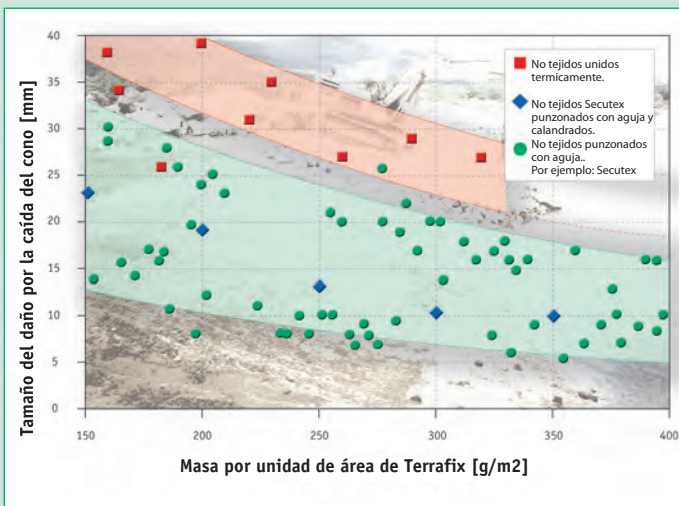


Secutex® es un geotextil no tejido de fibra discontinua perforado con aguja (algunos tipos están adicionalmente calandrados) que se usa para separación, filtración, protección y drenaje. Secutex® se puede usar en muchas aplicaciones de ingeniería civil, tales como ingeniería hidráulica, ingeniería de vertederos, construcción de carreteras y túneles.



Secudrain® es un sistema de drenaje tridimensional diseñado para descargar líquidos y gases. Consiste en un núcleo de drenaje y una o más capas filtrantes en las superficies externas para evitar que se atasque el núcleo de drenaje. Todas las capas se unen uniformemente para garantizar una alta resistencia al cizallamiento interno.

Datos Hechos Figuras



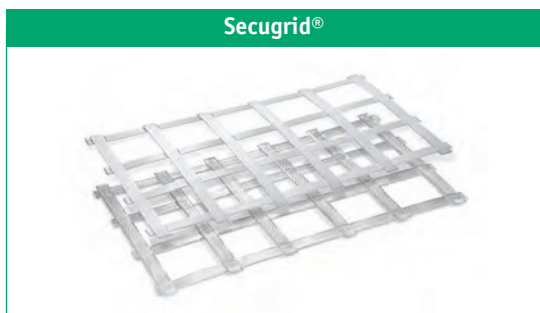
NAUE tiene décadas de experiencia en el desarrollo y producción de geosintéticos de alta calidad, ofreciendo soluciones geosintéticas completas.



Secumat® es una plantilla de control de erosión tridimensional que consiste en un núcleo de polímero tipo laberinto estabilizado resistente a los rayos UV. Secumat® controla la erosión de la superficie al garantizar un rápido crecimiento de la vegetación en pendientes, al tiempo que evita la erosión del suelo durante las fuertes lluvias y flujos de agua.



Combigrid® es un compuesto firmemente unido de un Secugrid® de alta resistencia y baja elongación y un geotextil Secutex® no tejido perforado con aguja para aplicaciones de filtración y estabilización de suelos.

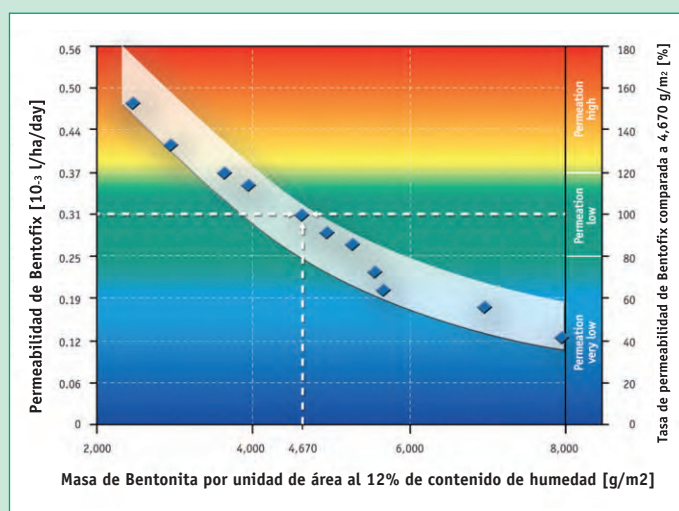
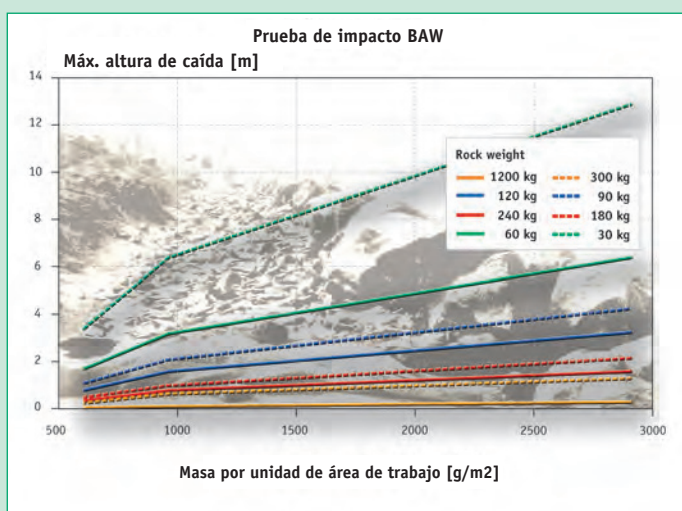


Secugrid® es una geomalla hecha de barras monolíticas extruidas planas con uniones soldadas. Se utiliza para refuerzo de suelos en excavaciones de tierra, construcción de carreteras, construcción de muros segmentados, ingeniería de rellenos sanitarios e ingeniería hidráulica.



Bentofix® X es un revestimiento de arcilla geosintético perforado con aguja (GCL) con un recubrimiento de polietileno firmemente unido al lado tejido del GCL. Bentofix® X se instala en aplicaciones de sellado donde se debe considerar la penetración de gas, el crecimiento de raíces, la desecación, las elevaciones de agua o cuestiones químicas.

Datos Hechos Figuras



Más información sobre el tema **geosintéticos** está disponible en nuestro sitio web o en nuestro:

- **Folleto corporativo**
- **Folleto relacionados con la aplicación:**
 - Ingeniería civil
 - Protección del agua subterránea
 - Ingeniería hidráulica
 - Ingeniería de rellenos sanitarios
 - Construcción de túneles
 - Manual de impermeabilización
- **Volantes relacionados con la aplicación y volantes técnicos con soluciones específicas para proyectos**



NAUE GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 2
32339 Espelkamp-Fiestel
Alemania

Teléfono +49 5743 41-0
Fax +49 5743 41-240
Correo info@naue.com
Internet www.naue.com

Membresías del grupo NAUE



Aprobaciones para el grupo NAUE

