

REVESTIMIENTO DE RÍOS Y VÍAS **FLUVIALES**

Colchones de Concreto
Encapsulado **HYDROTEx**[®]
para la Protección y
Revestimiento en
Ríos y Vías Fluviales



Somos Synthetex® un equipo dedicado de pensadores enfocados en soluciones que diseñan y fabrican formaletas textiles técnicas para prevenir la socavación, controlar la erosión y proteger la infraestructura en tierra, en agua y bajo el mar. Fabricado localmente, enviado globalmente y llenado con concreto en el lugar de su proyecto, nuestra formaleta textil ofrece una instalación más económica, segura y fácil que los métodos tradicionales de roca y concreto prefabricado. Entendemos que los equipos encargados de proyectos de control de erosión y socavación necesitan, en última instancia, más que un producto y más que un aliado. Quiere un proveedor de soluciones que esté igualmente comprometido con el éxito de su proyecto. Es por eso que los miembros de nuestro equipo se convierten en los miembros de su equipo, desde la identificación de la solución hasta la instalación exitosa por el bien de su proyecto, por el bien de su negocio y por el bien de nuestro mundo.



Tabla de contenido

Valor de HYDROTEX

Propuesta de Valor.....	5
Atributos Clave	7
Desafíos de Diseño.....	8
Soluciones HYDROTEX.....	12
Colchón de Concreto Encapsulado HYDROTEX	15

Metodología de Diseño

Métodos de Diseño de capas de recubrimiento	22
Ríos	23
Vías Fluviales.....	27

Instalación

Organización y preparación del terreno	36
Instalación.....	37

Especificaciones del Producto

Sección Uniforme.....	41
Bloque Articulado.....	42
Punto de Filtro.....	43
Fabricación.....	44

Leyenda de Iconos

AB Bloque articulado (AB)

FP Punto de filtro (FP)

EM Enviromat (EM)

US Sección uniforme (US)



El valor que te brindamos

Entendemos que las empresas encargadas de proyectos de protección contra la socavación, control de erosión y refuerzo de infraestructura necesitan más que una solución de productos, e incluso más que un socio comercial. Desean una empresa que se convierta en miembro de su equipo, que también esté enfocada en el éxito de su proyecto y su negocio.

Somos los inventores, diseñadores y fabricantes de HYDROTEX®, un sistema de formaleta textil, de doble capa con control de espesor interno y opciones de fabricación diseñadas para enfrentar los desafíos hidráulicos y de contención propios del entorno de su proyecto. Las personalizaciones incluyen la capacidad de articular, proporcionar alivio de presión hidrostática, aumentar la resistencia a la tracción, la adición de herrajes especializados para el llenado, refuerzo o posicionamiento de paneles, y adaptación para ajustarse a áreas con curvas o formas inusuales.

Como su proveedor integral, mantenemos la continuidad a lo largo de todo el proceso, desde el diseño de soluciones hasta el envío de productos. Ser tanto el diseñador como el fabricante también genera ahorros significativos para nuestros clientes, especialmente en comparación con las firmas de consultoría de diseño que no tienen capacidades internas de fabricación. Sumado a 4 semanas de capacitación y soporte complementario en sitio, es fácil ver cómo Synthetex ofrece un valor tremendo para los negocios de nuestros clientes.

Nuestra motivación es lograr una solución exitosa y una instalación adecuada, no simplemente una transacción de productos. Es por eso que nuestro equipo te brinda apoyo en todo, desde la identificación de soluciones hasta la formación técnica y soporte en campo, en beneficio de tu proyecto, de tu negocio y del bienestar del mundo





“ Conocer a nuestro equipo es el primer paso para lograr soluciones colaborativas duraderas ”



Hoy en día, los dueños de puertos e ingenieros buscan soluciones alternativas a la protección convencional contra la socavación y revestimiento con escollera. Los colchones de concreto encapsulado han marcado la diferencia en la facilidad de instalación, calidad, costo de instalación y seguridad, al entender cómo integrar de la tecnología de formaletas, métodos de diseño y la fabricación para crear la solución en concreto.

Los lectores comprenderán mejor cómo el enfoque de diseño y los productos desarrollados por Synthetex funcionan de manera cohesionada para beneficiar a los dueños de puertos, ingenieros y demás partes involucradas.

Este folleto presenta la aplicación ampliamente aceptada de sistemas de concreto con formaleta textil y metodologías de diseño para los dueños de puertos, ingenieros y contratistas. Los lectores conocerán cómo la experiencia en proyectos, las metodologías de diseño, los productos y las capacidades internas de tejido y fabricación de Synthetex proporcionan soluciones basadas en un enfoque orientado al cliente y centrado en el cliente para la prevención y revestimiento de la socavación con soluciones en concreto.

Conocer a nuestro equipo es el primer paso para lograr soluciones colaborativas duraderas.



Formaleta textil HYDROTEX

Atributos Clave para Aplicaciones Portuarias



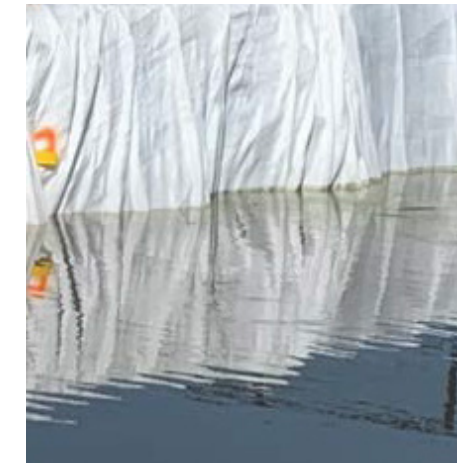
Diseñado a la medida para entornos fluviales.

Nuestro equipo de ingeniería considera los pilotes de puentes, las obstrucciones y las áreas con formas especiales o curvas en su diseño para que cada panel sea fabricado a medida para ajustarse al área exacta donde será instalado.



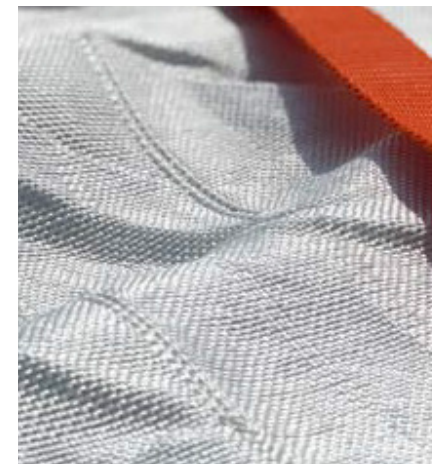
Articulación generada con una estructura interna de cables.

Para zanjas de anclaje y topografía que requieran articulación, diseñamos HYDROTEX® con el patrón de Bloques Articulados (AB) con cables internos unidireccionales o bidireccionales que conectan los bloques adyacentes y los mantienen unidos.



Formaleta diseñada para facilitar la colocación bajo agua

Sumergir la formaleta es fácil de realizar con HYDROTEX® debido a su construcción de hilos de poliéster. Esto elimina la flotación no deseada asociada con formaletas fabricados con una combinación de hilos de polietileno (PET) y nailon (PA).



Tela de colores mejora la visibilidad bajo el agua

Las formaletas textiles HYDROTEX® son de color blanco brillante con sujetadores naranja intenso, lo que facilita que los buzos puedan ver los paneles bajo el agua.



Resistencia adicional incorporada.

Las formaletas textiles HYDROTEX® están tejidas con hilos de poliéster de alta resistencia y tenacidad, haciendolos más duraderos y menos susceptibles a desgarros o enganches.



Entrenamiento y soporte en el sitio incluidos.

El entrenamiento en instalación y el soporte técnico en obra están incluidos sin costo adicional, ya que entendemos cómo este servicio facilita una instalación exitosa.





Revestimiento de acondicionamiento de ríos y de Vías fluviales

El río Ganges es un cuerpo sagrado de agua para los hindúes que nace en lo alto de las montañas del Himalaya y desemboca en el golfo de Bengala. La cuenca del río circundante tiene una población de más de cuatrocientos millones de personas.



Los revestimientos en ríos y vías fluviales son estructuras inclinadas ubicadas en las orillas o acantilados de manera que absorban la energía del agua entrante. Los revestimientos en ríos y vías fluviales dirigen el flujo del río lejos de la pendiente, con el propósito de brindar protección contra la erosión.

El acondicionamiento de ríos se refiere a las medidas estructurales que se toman para mejorar un río o vía fluvial navegable y sus orillas. El acondicionamiento de ríos es un componente crítico en la prevención y mitigación de inundaciones repentinas y control general, así como en otras actividades se trata de asegurar el paso seguro de una embarcación bajo un puente y profundidades de agua considerables.

Sin embargo, las estructuras de acondicionamiento de ríos requieren protección de las orillas para evitar fallos debido a la acción erosiva y de socavación del flujo del río o de las olas y las embarcaciones, que pueden llevar a la ruptura del río causando enormes pérdidas en términos de vidas humanas, propiedades, agricultura e infraestructura. Los revestimientos de las orillas a menudo están compuestos por colchones de concreto permeables HYDROTEX® Bloque Articulado, Banda de Filtro o Punto de Filtro, colocados sobre la superficie y la plataforma.

Los colchones de concreto HYDROTEX colocados sobre un geotextil filtrante o una capa de piedra, son un método económico y duradero de protección de inundaciones.

El Canal de Panamá es una vía artificial de 82 km (51 mi) que conecta el Océano Atlántico con el Océano Pacífico.



Objetivos del acondicionamiento de Ríos y Vías Fluviales

Los diversos objetivos del acondicionamiento de ríos y vías fluviales son:

- Guiar el eje del flujo en etapas normales y bajas, y permitir el paso seguro de inundaciones sin que se produzca desbordamiento de las orillas.
- Proteger las orillas contra la erosión y en general mejorar su alineación mediante la estabilización del cauce del río.
- **Dirigir el flujo del río a lo largo de un curso seguro, evitando así daños por inundaciones o erosión en tierras valiosas, viviendas, cultivos, fábricas, etc.**
- Prevenir el desbordamiento de un puente o presa al dirigir el flujo en un tramo definido del río.
- Evitar que el río cambie su curso.
- Confinar un cauce de río que se ha vuelto demasiado ancho al oscilar de un lado a otro y recuperar tierras del lecho del río.
- Controlar ciertas devastaciones como las de torrentes repentinos.
- Atrapar la carga de sedimentos del lecho en áreas de ancho excesivo.
- Proporcionar suficiente profundidad de flujo para una navegación segura.
- Transportar de manera eficiente la carga del lecho y la carga de sedimentos en suspensión.
- Establecer límites del cauce donde el trenzado ha creado una sección demasiado ancha dividida en pequeños canales separados por islas, y
- Corregir condiciones de orillas o flujo desordenadas.



El punto de partida para cualquier diseño de revestimiento es la recopilación de los datos básicos relevantes, y las corrientes y niveles de agua deben convertirse en cargas que actúan sobre la estructura misma de las embarcaciones, el movimiento resultante del agua y otros tipos de movimiento del agua.

Para el diseño de revestimientos, es útil considerar tres condiciones límite de diseño importantes.

1. Condiciones límites hidráulicas: definición de la geometría propuesta para la vía fluvial, detalles de las embarcaciones, movimiento resultante del agua y otros tipos de movimiento del agua.
2. Condiciones límites geotécnicas: detalles de las condiciones de suelo existentes, incluidos los posibles mecanismos de falla.
3. Otras condiciones límite: incluido el marco social y financiero en el que se espera que se lleve a cabo el proyecto.

Para diseñar un revestimiento para una condición hidráulica especificada, es necesario conocer las cargas reales que ocurren. Los datos sobre olas, corrientes y niveles de agua deben convertirse en cargas que actúan sobre la propia estructura.





RÍOS

Las corrientes de los ríos ejercen tensiones cortantes en los límites de la orilla del cauce. Si estas tensiones son lo suficientemente grandes en relación al tamaño y estabilidad de las partículas en la superficie, la tensión cortante en la superficie puede poner una partícula en estado de movimiento y transportarla a otra parte dentro del cauce. La partícula permanecerá arrastrada por el flujo debido a las tensiones cortantes y la turbulencia.

Se ha observado a través de experimentos que una representación gráfica de la velocidad en el plano vertical mostraría que la velocidad máxima ocurre ligeramente por debajo de la superficie en el flujo típico de un río.

Además, se ha observado que una velocidad promedio equivalente es casi igual a la velocidad real medida a 0.6 de la profundidad

Estabilidad ante la Carga de Flujo del colchón de Concreto

Cuando la velocidad del flujo es conocida o puede ser calculada, se utiliza la relación de Pylarczyk (1990) para determinar el grosor requerido.

$$\Delta D = 0.035 \frac{\Phi K_t K_h V_{cr}}{\Psi K_s 2 g}$$

Δ = densidad relativa

D = grosor característico de la capa de cobertura

g = aceleración de la gravedad

V_{cr} = velocidad crítica promedio verticalmente

Estabilidad ante la Carga de Oleaje de un Colchón de Concreto

Las olas son variaciones en el nivel de la superficie del agua que generan cambios en la presión dentro de la masa de agua y en sus límites con las orillas del cauce de agua. La velocidad a la que ocurren estos cambios en la presión hidrostática depende de la pendiente de la ola y de su velocidad de propagación. Los cambios de presión inducen gradientes hidráulicos dentro del suelo de las orillas, lo que se conoce como carga hidráulica inducida. Cuando la altura significativa de las olas es conocida o puede ser calculada, se utiliza la ecuación de Pylarczyk para determinar el espesor requerido.

$$D = \frac{H_m \xi^{2/3}}{\phi \Delta_m \cos \alpha}$$

D = espesor característico de la capa de cobertura

H_m = altura máxima de las olas causadas por el viento

ξ = parámetro de ruptura de las olas

ϕ = coeficiente de resistencia

Δ_m = densidad relativa del concreto

ρ_c = densidad del agregado fino del concreto, 2035 kg/m³

ρ_w = densidad del agua, 1000 kg/m³

α = ángulo de inclinación de la orilla

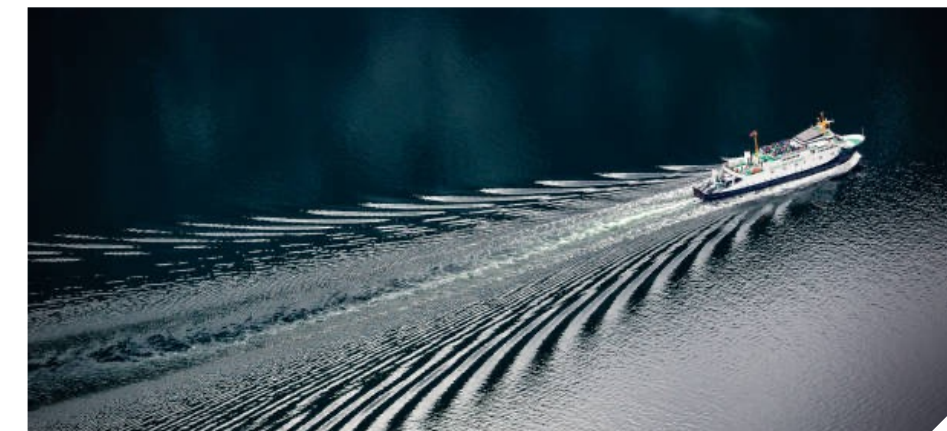
Se puede aplicar un factor de reducción $(\cos \beta)^{1/2}$ a la ecuación para tener en cuenta el ángulo de incidencia del flujo respecto a la normal. La ecuación anterior se convierte en:

$$D = 1.25 \frac{H_m (\cos \beta)^{1/2} \xi^{1/2}}{\phi \Delta_m \cos \alpha}$$

β = ángulo de incidencia de las olas respecto a la normal, °



Vías Navegables



Demostración del patrón de las olas de estela propagadas por grandes embarcaciones.

Aunque el transporte por agua se lleva a cabo en mayor o menor medida en todo el mundo, solo existen seis sistemas principales de vías navegables interiores: los ríos de Europa Occidental y Central, el sistema Volga-Don, los ríos de América del Norte, el sistema del Amazonas, el sistema Paraná-Paraguay y las vías navegables chinas.

Cuando el barco está navegando hacia adelante, la fricción del casco creará una capa límite de agua alrededor del casco. La velocidad del agua en la superficie del casco es igual a la del barco, pero se reduce a medida que aumenta la distancia desde la superficie del casco. El espesor de la capa límite aumenta a medida que se aleja de la proa. Por lo tanto, la capa es más gruesa en la parte trasera del casco. Esto significa que habrá una cierta velocidad de estela causada por la fricción a lo largo de los costados del casco. Además, el desplazamiento de agua por el barco también causará olas de estela tanto en la proa como en la popa.

Los principales parámetros utilizados para determinar la capa protectora de la armadura son:

$$f(D, h, u, \rho_s, \rho, g, H, C, z, \theta^1, T) = 0$$

donde;

f = símbolo funcional

D = Calado de la embarcación

h = profundidad del agua

u = velocidad media del flujo del río

ρ_s = densidad de la unidad de protección

ρ = densidad del agua

g = aceleración gravitacional

H = altura máxima de la ola, con $H = 2:2H_s$ donde H_s es la altura significativa de la ola

C = celeridad de la ola

z = pendiente de la ribera del río y $z = \cot \beta$, donde β es el ángulo de inclinación de la orilla

θ = ángulo de ataque de la ola con respecto a la ribera del río

θ' = oblicuidad de la ola

T = período de la ola

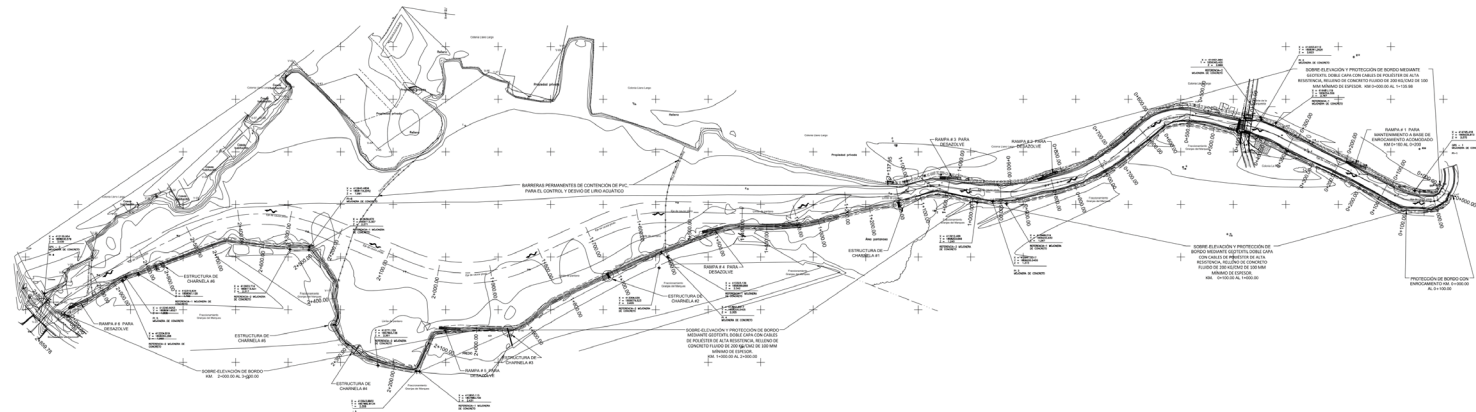
Cuando el barco se mueve río arriba, el ángulo de la ola es positivo e igual a θ' y cuando el barco se mueve río abajo, el ángulo de la ola es negativo y es igual a $-\theta$.

Dado que los ríos navegables tienen una profundidad de agua mayor que la longitud de las olas inducidas por los barcos, se considera la condición intermedia de olas en el agua (entre aguas someras y aguas profundas).

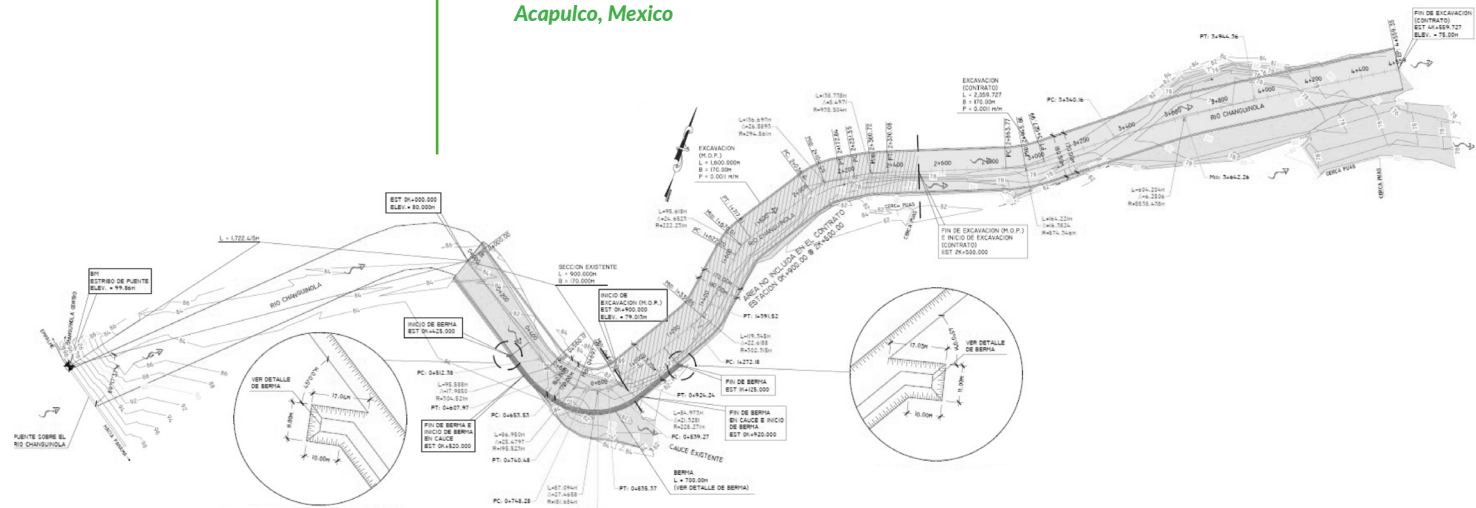




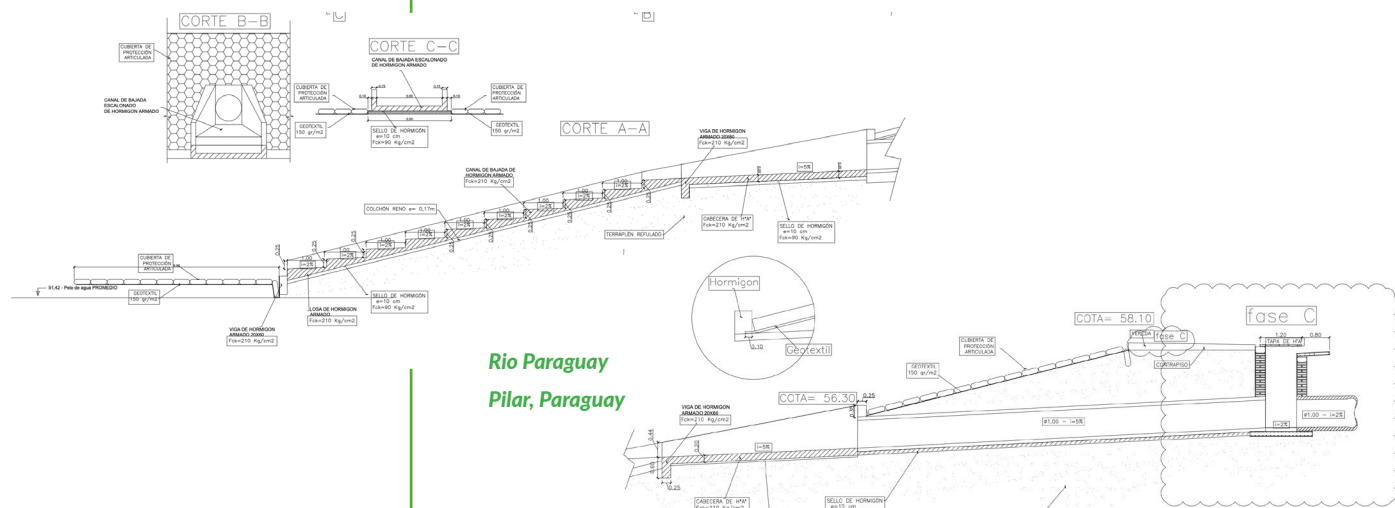
Soluciones de Revestimiento



Rio Colacho
Acapulco, Mexico



Rio Changuinola
Panamá



Rio Paraguay
Pilar, Paraguay



Sistemas de colchones de Concreto Encapsulado Sección Uniforme, Articulado y Punto de Filtro



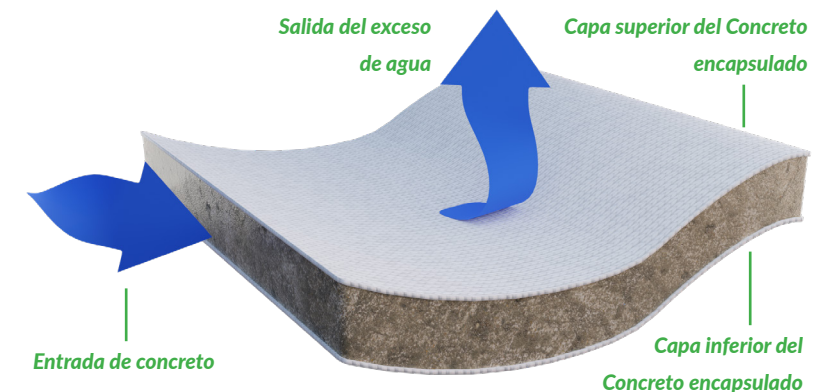
Revestimiento de bloques articulados de concreto Hydrotex.

Los tejidos HYDROTEX® se han utilizado como formaleta para el concreto en muchas aplicaciones de control de erosión y prevención de socavación. Se unen dos capas de tela para formar una envoltura que se inyecta con una lechada fluida de árido fino para producir una capa superior de concreto duradero con el espesor especificado. Los tipos de concreto encapsulado incluyen Punto de Filtro, Banda de Filtro, Sección Uniforme, Bloque Articulado y bolsas de textil rellenas de concreto. El propósito de esta sección es familiarizar al ingeniero de diseño con los tipos distintivos de recubrimientos con colchones de concreto encapsulado, e introducir los conceptos y metodologías de diseño para la selección adecuada del tipo y el espesor de la formaleta textil para resistir de manera efectiva las fuerzas erosivas asociadas con las olas y las corrientes. También se aborda la instalación de sistemas de revestimiento con concreto encapsulado.

El tejido HYDROTEX está compuesto por hilos sintéticos formados en una formaleta textil tejida. Los hilos utilizados en la fabricación de la tela están hechos de poliéster o aramida.

Los sistemas de concreto encapsulado HYDROTEX® se han utilizado en instalaciones de construcción civil en todo el mundo, muchos de ellos en condiciones y lugares remotos muy severos. En el proceso, han establecido un punto de referencia en la protección contra la erosión y la socavación al superar el recubrimiento tradicional de pendientes con concreto, bloques de concreto prefabricado (ACB), gaviones y escolleras.

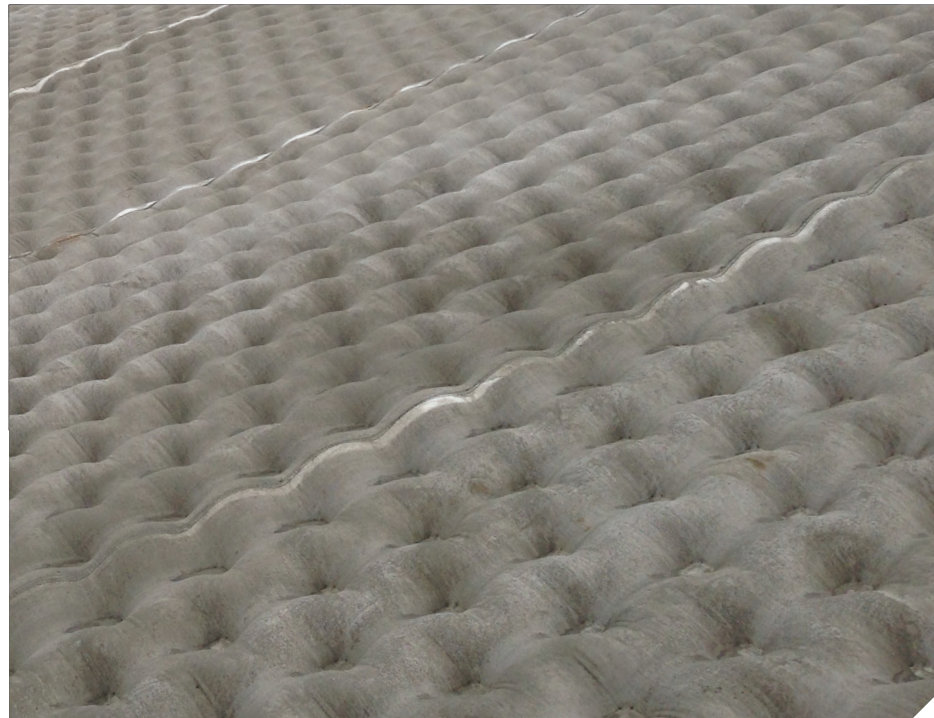
Sección transversal de concreto encapsulado que muestra el flujo del concreto y la estructura





Características del Sistema

Instalación del colchón Punto de Filtro
mostrando puntos de filtración



Bajo costo: Formaletas económicas

Bompear concreto de agregado fino en la formaleta textil HYDROTEX hará que la formaleta adopte la geometría más eficiente para soportar el peso de la capa de concreto de cobertura. La formaleta no necesita refuerzos adicionales aparte del soporte directo del subsuelo. La función clave de la formaleta es controlar la geometría y deformación de la misma para lograr la forma y el grosor requerido.

Mejora en la calidad del concreto

La naturaleza porosa de la formaleta textil ayuda en el proceso de curado y reduce los defectos en la superficie del concreto. El exceso de agua y aire puede salir a través de la tela. Las imperfecciones y porosidad de aire se reducen con mejoras en la textura y apariencia de la superficie. La densidad, resistencia y durabilidad del concreto en la superficie también se mejoran.

Formaleta estructuralmente eficiente

La formaleta textil se puede utilizar para producir elementos con secciones transversales variables que cambian tanto en profundidad como en amplitud para seguir los principales esfuerzos. La cantidad de concreto utilizada y, por lo tanto, el peso propio de la estructura, puede reducirse considerablemente en comparación con las secciones transversales rectangulares convencionales, como el revestimiento tradicional de pendientes con concreto.

Acabado

La superficie del concreto es controlada directamente por la naturaleza y textura del textil. El rango de superficie, textura y tono está regido por la superficie, textura y permeabilidad del textil.

Conexión

En cualquier proceso de construcción, la continuidad de las superficies es esencial. El diseño de cualquier instalación implica el establecimiento de las secciones clave donde la precisión es fundamental, como las conexiones entre los paneles de formaleta. Se han desarrollado diversas técnicas de conexión y ensamblaje.



Ventajas del Sistema

Proceso de llenado del colchón de Concreto
Bloque Articulado



Adaptación a los Contornos de la Subrasante

Las formaletas HYDROTEX llenadas en el sitio (in-situ) permiten adaptarse a contornos irregulares, curvas, subrasantes, pendientes y banquetas en el momento en que son llenadas. En consecuencia, el subrasante y la protección de concreto están en contacto directo, reduciendo la posibilidad de socavación.

Trabajo de Movilización Sencillo

La formaleta textil HYDROTEX es liviana, por lo que puede ser enviado rápidamente a cualquier parte del mundo. El componente "pesado" del sistema, el concreto de agregado fino, está fácilmente disponible en proveedores de concreto en todo el mundo. Una vez que el sitio esté preparado, solo se necesitan herramientas manuales simples, una bomba de concreto y una manguera para llenar la formaleta. En áreas de acceso difícil o restringido, el concreto puede ser bombeado a la formaleta desde distancias de hasta 800 pies (250 metros). Independientemente del tamaño del trabajo, la facilidad de movilización, transporte y la reducción de requerimientos de equipo y mano de obra significan que el trabajo avanza más rápido y a un menor costo por unidad cuadrada de área protegida.

Facilidad de Instalación

Un equipo pequeño puede encargarse de la instalación del concreto encapsulado y la formaleta se puede instalar sin desaguar el sitio. Las formaletas textiles HYDROTEX se entregan en el lugar de trabajo listas para ser llenadas y no requieren materiales adicionales de formaleta. La instalación consiste en preparar el área, colocar la formaleta y llenarla con concreto de agregado fino a través de un línea de suministro de concreto y una manguera. No se requiere formaleta de madera ni de acero.

Compatibilidad Ambiental

El formaleta textil HYDROTEX está diseñado para generar el menor impacto ambiental posible. Las capas de tela de la formaleta actúan como filtros, permitiendo que el exceso de agua de la mezcla escape mientras retienen los sólidos de cemento y la arena.

Amplia gama de Soluciones en Concreto Encapsulado

Construido con tejidos de alta resistencia diseñados, la formaleta textil HYDROTEX® se presenta en una variedad de tipos de formaleta. Cada tipo ha sido diseñado para ajustarse a un conjunto específico de parámetros de producto, lo que permite al ingeniero especificar diferentes tipos y espesores para adaptarse a diferentes condiciones del sitio. Los revestimientos y las capas protectoras de colchón HYDROTEX se utilizan para crear sistemas de protección contra la erosión y la socavación que van desde zanjas de drenaje hasta revestimientos de acondicionamiento de ríos, y desde estanques hasta embalses. Las Unidades de Protección Hydrocast® son estructuras de concreto monolítico utilizadas para la construcción de delantales de escorrentía de presas hasta grandes bloques de lastre. Todo lo cual se puede instalar por encima o por debajo del agua.





Colchón de concreto Encapsulado vs Revestimientos de piedra

Revestimiento de bloques articulados de
concreto Hydrotex



Desde principios de la década de 1970, los colchones de concreto encapsulado para el control de erosión y socavación están reemplazando la protección de rocas en revestimientos. A medida que el clima mundial se calienta y las masas terrestres se pierden debido al aumento del nivel del agua, los ingenieros confían más en los revestimientos de ríos, vías navegables y costas. En consecuencia, la disponibilidad de rocas se ve afectada tanto por restricciones ambientales como por el costo del transporte. Los ingenieros hidráulicos y portuarios están adoptando actualmente colchones de concreto encapsulado instalados in situ en proyectos alrededor del mundo. Confían en que estos colchones de concreto encapsulado, que ofrecen concreto de alto desempeño y una sección transversal más delgada, proporcionan soluciones sólidas y ahorros significativos en tiempo de construcción, dragado y costo de materiales.

Los revestimientos diseñados con colchones de concreto encapsulado permiten tanto un consumo significativamente reducido de materiales naturales como la conservación del medio ambiente.

Para diseños de revestimiento comparables en enrocado y colchones de concreto, el espesor de una capa de roca de 4 pies (1.20 m) se logra mediante un espesor de capa de 1 pie (0.30 m) en el caso de los colchones.

Espesor correspondiente para roca vs Colchón
de Concreto Encapsulado



Impacto Ambiental



Cantera de roca típica del tipo necesario para la
producción de Rip Rap

La explotación de canteras de roca causa daños a la propiedad, agotamiento de las aguas subterráneas, pérdida de la capa fértil superior del suelo, degradación de tierras forestales, efectos adversos en la biodiversidad acuática y la salud pública (Informe sobre el Estado del Medio Ambiente, 2003). En la mayoría de los países alrededor del mundo, la explotación de canteras no se gestiona de manera profesional para el sustento ambiental. La rehabilitación de canteras colapsadas o abandonadas, en su mayoría, no se lleva a cabo.

Uno de los mayores impactos negativos de la explotación de canteras en el medio ambiente es el daño a la biodiversidad. La explotación de canteras conlleva el potencial de destruir hábitats y las especies que habitan en ellos. Incluso si el hábitat no es eliminado directamente por la excavación, puede verse afectado indirectamente y dañado por impactos ambientales, como cambios en las aguas subterráneas o superficiales que provocan que algunos hábitats se sequen o que otros queden inundados. Incluso la contaminación acústica puede tener un impacto significativo en algunas especies y afectar a su reproducción exitosa.

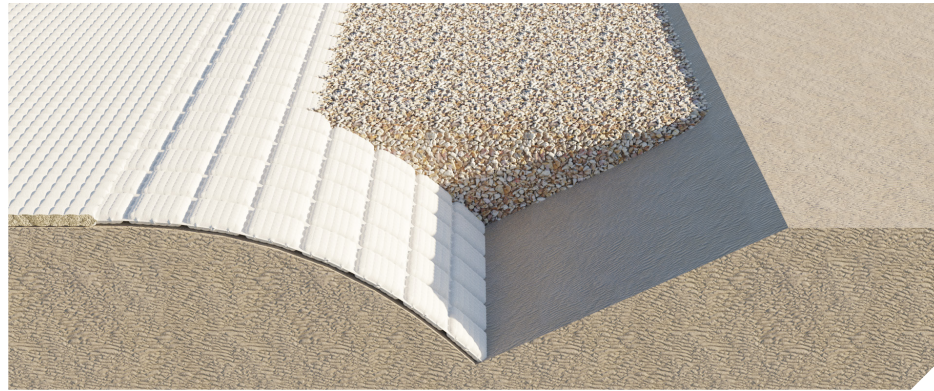
- La explotación de canteras remueve roca y suelo, agotando los recursos naturales y cambiando la topografía, lo que afecta el patrón de drenaje natural.
- La explotación de canteras conlleva problemas asociados como la contaminación del aire (grandes cantidades de partículas suspendidas y emisiones de polvo que desfiguran todo y causan trastornos respiratorios en los trabajadores que laboran en la cantera y en la población cercana). Además, las emisiones de camiones y volquetes que vienen a llevarse el material también afectan los niveles de TPM, SO₂ y NO_x.
- Las canteras normalmente dependen de explosiones para debilitar la masa de roca dura, lo que provoca que salten fragmentos de roca, ruido y vibraciones. Esto genera grietas en edificios cercanos o pérdida de audición.
- La explotación de canteras deja una enorme cicatriz en el medio ambiente y destruye el entorno estético. Es difícil rellenar los huecos y restaurar los costados de las colinas. La explotación de canteras resulta en la eliminación de árboles y también aleja a la avifauna y fauna debido a las explosiones y la actividad humana.





Técnicas de Zanja en la Base Tradicionales y de Inicio Automático

Técnica de Zanja en la Base Tradicional

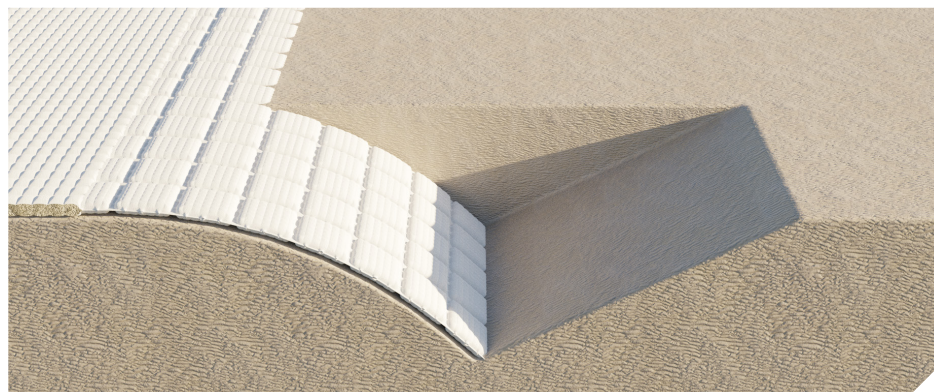


Método de construcción típico de zanja de base

El método tradicional para tener en cuenta la protección contra la socavación a lo largo de los bordes exteriores de los revestimientos de piedra de protección:

- Se excava una zanja en la base hasta la máxima profundidad esperada de socavación, se coloca un delantal de concreto que se extiende desde el fondo y a lo largo de su base, y se llena con piedras de protección, protegiendo así el revestimiento de posibles socavamientos. Los recursos necesarios para excavar la zanja a la profundidad y configuración requeridas son costosos, y adquirir y colocar las piedras de protección conlleva costos adicionales.

Técnica de Zanja en la Base de Inicio Automático



Técnica de zanja de base de inicio automático

El método alternativo a considerar para la protección contra la socavación a lo largo de los bordes exteriores de una plataforma de concreto o enrocado:

- Un delantal de inicio automático compuesto por colchones de concreto de Bloque Articulado HYDROTEX® reforzados con cables o secciones integralmente conectadas de colchones de concreto articulado, uniéndose con colchones de concreto HYDROTEX de Sección Uniforme para proporcionar una protección flexible en la zona de la que pueda responder a la socavación y, de esta manera, proteger la estructura de ser socavada.
- Un delantal de inicio automático utiliza los mismos procesos naturales de socavación para lanzar el delantal de base que cae.



Tpos de Productos HYDROTEX

Los productos de formaleta textil HYDROTEX® tienen la resistencia de las opciones tradicionales de roca y concreto prefabricado, al mismo tiempo que ofrecen una instalación más fácil, segura, personalizada y asequible.

Colchón de Concreto Bloque Articulado (AB)

AB

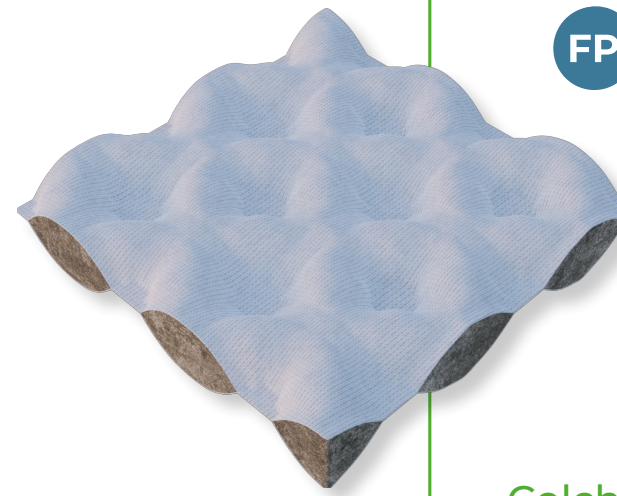
La formaleta Bloque Articulado, una vez llenada, se convierte en un colchón de concreto compuesto por bloques rectangulares en forma de almohada. Los perímetros entrelazados entre los bloques funcionan como bisagras para permitir la articulación. Los cables permanecen incrustados en los bloques de concreto para unirlos y facilitar la articulación. Se logra un alivio de la presión hidrostática mediante las bandas de filtración formadas por los perímetros entrelazados de los bloques.



Colchón de Concreto Punto de Filtro (AB)

FP

La formaleta Punto de Filtro, cuando es llenada, se convierte en un colchón con una superficie acolchada con depresiones en puntos de filtración (drenajes) a intervalos regulares para proporcionar un revestimiento de concreto resistente a la erosión y permeable al agua, con un coeficiente relativamente alto de fricción hidráulica para reducir la velocidad del agua y el impacto de las olas.

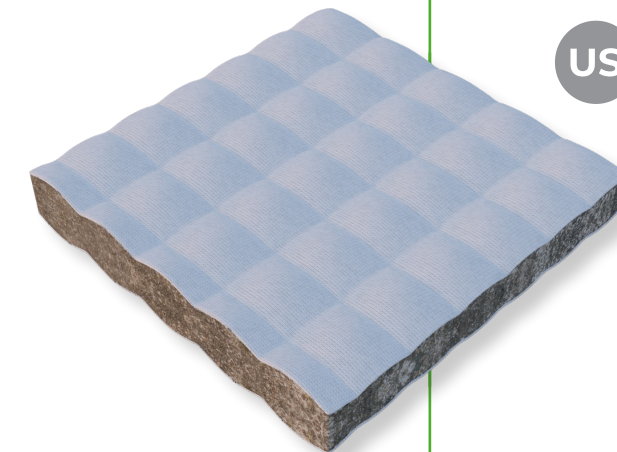


El espaciado de los puntos de filtración determina el grosor y peso del revestimiento, mientras que los puntos de filtración especialmente diseñados alivian la presión hidrostática y reducen el estrés aplicado a la formaleta textil durante el bombeo.

Colchón de Concreto Sección Uniforme (AB)

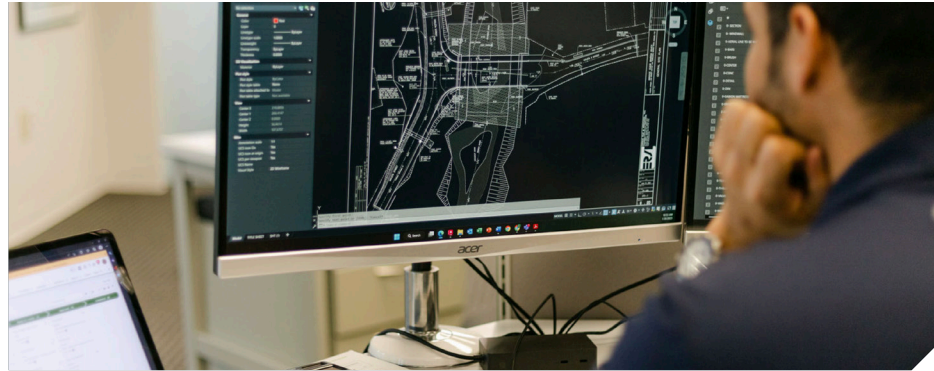
US

La formaleta Sección Uniforme, cuando es llenada, se convierte en un colchón de concreto de espesor constante, con una superficie de patrón empedrado. El espesor y el peso del revestimiento están controlados por cordones separadores. Los cordones se entrelazan entre las dos capas de tela, en pares paralelos, de modo que los cordones en la capa superior e inferior se crucen entre capas en puntos de descenso.





Métodos de Diseño de capas



El objetivo de este documento es brindar orientación sobre el diseño, construcción y mantenimiento de revestimientos flexibles. La guía se limita al ámbito de revestimientos construidos como parte de ríos y vías navegables interiores, donde las olas del viento y las olas y corrientes generadas por barcos y otras embarcaciones son las cargas dominantes. El informe identifica límites confiables del conocimiento actual y supone que el ingeniero ya estará familiarizado con el diseño de obras de protección contra la erosión y tendrá experiencia suficiente para utilizar el juicio ingenieril adecuado cuando sea necesario.

El punto de partida para cualquier diseño de revestimiento es la recopilación de los datos básicos relevantes y las consideraciones de diseño. Estos parámetros definen las condiciones límites del diseño.

Para el diseño de revestimientos, es útil considerar tres importantes condiciones límites de diseño.

1. Condiciones límites hidráulicas: definición de la geometría propuesta para la vía fluvial, detalles de las embarcaciones, movimiento resultante del agua y otros tipos de movimiento del agua..

Para diseñar un revestimiento para una condición hidráulica especificada, es necesario conocer las cargas reales que ocurren. Los datos sobre olas, corrientes y niveles de agua deben convertirse en cargas que actúen sobre la propia estructura

Las olas son variaciones en el nivel de la superficie del agua que generan cambios en la presión dentro de la masa de agua y en sus límites con las orillas del cauce de agua. La velocidad a la que ocurren estos cambios en la presión hidrostática depende de la pendiente de la ola y de su velocidad de propagación. Los cambios de presión inducen gradientes hidráulicos dentro del suelo de las orillas, lo que se conoce como carga hidráulica inducida.

Las corrientes de los ríos ejercen tensiones cortantes en los límites de la orilla del cauce. Si estas tensiones son lo suficientemente grandes en relación al tamaño y estabilidad de las partículas en la superficie, la tensión cortante en la superficie puede poner una partícula en estado de movimiento y transportarla a otra parte dentro del cauce. La partícula permanecerá arrastrada por el flujo debido a las tensiones cortantes y la turbulencia.

2. Condiciones límites geotécnicas: detalles de las condiciones de suelo existentes, incluidos los posibles mecanismos de falla.
3. Otras condiciones límite: incluido el marco social y financiero en el que se espera que se lleve a cabo el proyecto.



RÍOS

Este documento se proporciona para ayudar a ingenieros, contratistas y propietarios de proyectos en la selección de revestimientos y colchones de concreto encapsulado HYDROTEX® para la protección contra la erosión de ríos, canales y corrientes.

Los revestimientos y colchones de concreto encapsulado HYDROTEX® han sido sometidos a pruebas hidráulicas a escala real bajo la dirección de Ayres Associates. Las condiciones de prueba para los revestimientos y colchones de concreto encapsulado HYDROTEX se ajustaron al protocolo establecido durante los programas de investigación patrocinados por la Administración Federal de Carreteras (Federal Highway Administration) y la Oficina de Recuperación de los Estados Unidos (U.S. Bureau of Reclamation), para las pruebas de unidades de protección con concreto. (Consulte el Informe - Estabilidad hidráulica de los colchones de concreto formados con tela HYDROTEX en flujos de alta velocidad en pendientes pronunciadas - Hydraulic Stability of HYDROTEX Fabric Formed Concrete Mattresses in Steep Slope, High-Velocity Flow).

Diseño de Canal Estable:

Los siguientes métodos y ecuaciones seleccionados de FHWA-SA-96-078, Manual de Diseño de Drenaje Urbano, Circular de Ingeniería Hidráulica No. 22 (Urban Drainage Design Manual, Hydraulic Engineering Circular No. 22); Estabilidad Hidráulica de colchones de Concreto Encapsulado HYDROTEX en Flujo de Alta Velocidad en Pendientes Pronunciadas; y otros informes y publicaciones de ingeniería hidráulica proporcionan un esquema de los conceptos significativos utilizados en el diseño de canales estables.

Una de las ecuaciones más comúnmente utilizadas para gobernar el Flujo en Canales Abiertos es conocida como la Ecuación de Manning. Fue introducida por el Ingeniero Irlandés Robert Manning en 1889 como una alternativa a la Ecuación de Chezy. La ecuación de Manning es una ecuación empírica que se aplica al flujo uniforme en canales abiertos y es una función de la velocidad del canal, el área de flujo y la pendiente del canal. Bajo la suposición de condiciones de flujo uniforme, la pendiente del fondo es la misma que la pendiente de la línea de grado de energía y la pendiente de la superficie del agua.

$$Q = VA = \left(\frac{1.49}{n}\right) AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \text{ (US)}$$

$$Q = VA = \left(\frac{1.00}{n}\right) AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \text{ (SI)}$$

donde:

- Q = caudal
- V = velocidad del flujo
- A = área del flujo
- n = coeficiente de rugosidad de Manning
- R = radio hidráulico
- S = pendiente promedio del lecho o pendiente de energía

Bajo la suposición de condiciones de flujo uniforme, la pendiente del fondo es la misma que la pendiente de la línea de energía y la pendiente de la superficie del agua. El valor de Manning es un coeficiente que representa la rugosidad o fricción





Protección de Taludes y Fondo

Esta guía presenta un procedimiento para el diseño de revestimientos y colchones de concreto encapsulado HYDROTEX para la protección de ríos, canales y corrientes. Aunque cada proyecto será único, los pasos de diseño descritos serán normalmente aplicables.

Revestimiento de Protección

Los colchones de concreto encapsulado se colocan en el talud lateral, desde arriba del nivel de agua máximo y lateralmente a una distancia L de 2 veces la profundidad máxima de socavación pronosticada en la base a través del río o canal.

Estabilidad ante la Carga del Flujo

En la restauración de ríos, canales y corrientes, los revestimientos son estructuras inclinadas colocadas en las orillas o acantilados de tal manera que absorban la energía del agua entrante.

Cuando la velocidad del flujo es conocida o puede ser calculada, se utiliza la relación de Pilarczyk (1990) para determinar el espesor requerido

$$\Delta D = 0.035 \frac{\Phi K_t K_h V_{cr}}{\Psi K_s 2 g}$$

donde:

- Δ = densidad relativa
- D = espesor característico
- g = aceleración de la gravedad
- V_{cr} = velocidad crítica promedio verticalmente
- Φ = parámetro de estabilidad
- Ψ = parámetro crítico de Shields
- K_t = factor de turbulencia
- K_h = parámetro de profundidad
- K_s = parámetro de pendiente

Para las colchones de concreto HYDROTEX, se proporcionan los siguientes valores guía:

- Φ = 1.0 para la sección continua del colchón 1.5 para bordes y transiciones
- Ψ = 0.07
- K_t = 1.0 turbulencia normal: alrededor de las paredes de los ríos
- = 1.5 aumento de la turbulencia: curvas del río y aguas abajo de los estanques de disipación
- = 2.0 Turbulencia intensa: saltos hidráulicos, curvas pronunciadas y turbulencia local fuerte
- K_h = se tiene en cuenta la profundidad del agua, que es necesaria para convertir la velocidad promedio de flujo en velocidad de flujo justo encima del revestimiento



Perfil desarrollado:

$$K_h = \frac{2}{\left(\log\left(\frac{12h}{k_s}\right)\right)^2}$$

Perfil no desarrollado:

$$K_h = \left(\frac{h}{k_s}\right)^{-2}$$

Flujo muy rugoso

$$\left(\frac{h}{k_s} < 5\right): K_s = 1.0$$

Donde:

- h = profundidad del agua
- k_s = rugosidad equivalente

Para secciones de colchones uniformes, k_s es 0.05 y el grosor de los colchones de bloques articulados.

Para k_s la estabilidad del revestimiento también depende de la pendiente sobre la cual este es colocado, en relación con el ángulo de fricción interna del revestimiento.

$$K_s = \sqrt{1 - \left(\frac{\sin \alpha}{\sin \theta}\right)^2}$$

o

$$K_s = \cos \alpha \sqrt{1 - \left(\frac{\tan \alpha}{\tan \theta}\right)^2}$$

o

$$K_s = \cos \alpha_b$$

Donde:

- θ = ángulo de fricción interna del material del revestimiento
- α = pendiente del margen
- K_s = ángulo de pendiente del fondo del río en dirección al flujo

Para θ , en el caso de colchones colocados sobre geotextiles de filtro, se debe aplicar un valor de 15° a 20°.





Olas generadas por el viento:

En ciertas vías fluviales, las olas generadas por el viento pueden ser críticas. Los factores que afectan a estas olas son la velocidad del viento, la longitud del recorrido (fetch), la duración del viento y la profundidad del agua.

Al considerar la velocidad del viento, es importante darse cuenta de que la acción del viento debe ser mantenida para generar olas. Las ráfagas breves que alcanzan altas velocidades no duran lo suficiente como para provocar el crecimiento de las olas. La longitud del recorrido afecta la longitud de ola y la altura de las olas, y la profundidad del agua influye en la altura de las olas

Diseño de la capa de recubrimiento para estabilidad contra cargas hidráulicas

El enfoque de diseño para las capas de recubrimiento con concreto encapsulado bajo ataque de oleaje analiza la capa de recubrimiento como una placa. La placa debe tener un grosor adecuado para que los momentos de flexión inducidos por el impacto de las olas no causen tensiones críticas dentro del concreto.

Calcular el espesor promedio necesario de una capa de recubrimiento de Concreto Encapsulado HYDROTEX™ colocada en una pendiente:

Para los efectos de carga a largo plazo, el espesor de la capa de recubrimiento se ha incrementado por un factor de seguridad de 1.25.

$$D = 1.25 \frac{H_m \xi^{1/2}}{\phi \Delta_m \cos \alpha}$$

Donde:

- D = espesor promedio de la capa de recubrimiento
- H_m = altura máxima de las olas provocadas por el viento
- ξ = parámetro de ruptura de las olas
- ϕ = coeficiente de resistencia, (para colchones de concreto, $(4 \leq \phi < 5)$)
- Δ_m = densidad relativa del concreto, $(\rho_c - \rho_w) / \rho_w$
- ρ_c = densidad del concreto de agregado fino, 2035 kg/m³
- ρ_w = densidad del agua, 1000 kg/m³
- α = ángulo de inclinación de la orilla

Se puede aplicar un factor de reducción de $(\cos \beta)^{1/2}$ la ecuación anterior para tener en cuenta el ángulo de incidencia de la ola respecto a la normal. La ecuación anterior se convierte en:

$$D = 1.25 \frac{H_m (\cos \beta)^{1/2} \xi^{1/2}}{\phi \Delta_m \cos \alpha}$$

Donde:

- β = ángulo de incidencia de la ola respecto a la normal, °

El valor del coeficiente de resistencia depende del tipo de ola y de la capa de drenaje, si la hay. La Tabla 1.5 presenta ejemplos de coeficientes de resistencia para sistemas basados en resultados empíricos.

No se considera el comportamiento de las capas de recubrimiento con concreto encapsulado bajo ataque de corrientes actuales; por lo general, el ataque de las olas es la carga determinante sobre la capa de recubrimiento.



Vías Fluviales



El movimiento del agua produce fuerzas desestabilizadoras o cargas hidráulicas en forma de esfuerzos cortantes y cabezas de presión que actúan sobre el lecho y las orillas de la vía fluvial. El movimiento es inducido tanto por embarcaciones como por otros fenómenos. El movimiento inducido por las embarcaciones genera una carga hidráulica significativa.

El siguiente es el procedimiento general para el diseño de protección con colchones de concreto para vías fluviales. Aunque cada proyecto será único, los pasos de diseño delineados normalmente serán aplicables.

Límites Hidráulicos

Determinar la Geometría del Cauce

Los aspectos principales de la geometría del cauce son:

- b_w = ancho de la línea de agua del cauce
- b_b = ancho inferior del cauce
- h = profundidad normal del agua
- α = ángulo de pendiente
- A_r = área mojada de la sección transversal del cauce

Los tres tipos de perfiles de la vía fluvial dependen de la intensidad del tráfico. Básicamente:

- Un sentido: esto se aplica al tráfico de un solo sentido con velocidad limitada.
- Angosto: esto podría ser utilizado por tráfico de un solo sentido sin límite de velocidad o tráfico de dos sentidos con restricciones de velocidad y carga al adelantar o sobrepasar.
- Normal: esto podría llevar tráfico de dos sentidos sin restricciones aparte de un límite de velocidad al adelantar.

El valor elegido para las pendientes de las orillas depende de las condiciones del suelo. Las pendientes normalmente oscilan entre 4H:1V y 2H:1V





Determinar los Factores que Afectan el Movimiento del Agua Inducido por Embarcaciones

Utilizando las siguientes ecuaciones y tablas, o programas hidráulicos, el diseñador determina la carga hidráulica inducida por embarcaciones en un revestimiento:

1. Determinar el tipo de embarcación.
2. Calcular la excentricidad del rumbo de una embarcación medida desde la línea central de la vía fluvial: y
3. Calcular la velocidad límite de la embarcación: V_L
4. Estimar la velocidad real de la embarcación: V_s
5. Calcular la velocidad promedio de la corriente de retorno y la depresión promedio del nivel del agua: $\bar{u}_r, \Delta\bar{h}$
6. Calcular la velocidad máxima de la corriente de retorno y la máxima depresión del nivel del agua: $\hat{u}_r, \Delta\hat{h}$
7. Calcular la altura de la ola transversal de popa: z_m
8. Calcular la altura de la ola frontal: Δhf
9. Calcular la altura y longitud de ola de los picos de interferencia: H_i, L_w
10. Estimar la velocidad de la corriente generada por la hélice: u_b
11. Traducir los componentes de carga inducida por el barco en presiones y esfuerzos de corte.

Determinar el Tipo de Embarcación

El movimiento del agua iniciado por las embarcaciones varía según el tipo y la forma de la embarcación.

Dentro de una categoría dada de vía fluvial, varios tipos de embarcaciones inducirán un movimiento del agua de magnitudes diferentes.

Un parámetro importante que relaciona la embarcación con la vía fluvial es la Relación de Bloqueo.

$$\frac{A_m}{A_c} = \frac{\text{midship cross sectional area}}{\text{waterway cross sectional area}}$$

Determinar Curso de Navegación

A medida que la excentricidad de una embarcación desde la línea central de la vía fluvial aumenta, también lo hace la carga hidráulica en la orilla más cercana.

$$y_{\max} = \frac{b_w}{3}$$

Donde:

- b_w = ancho de la línea de flotación de la vía fluvial, m (ft)
- y = excentricidad de la trayectoria de una embarcación medida desde la línea central de la vía fluvial, m (ft)

Sin embargo, la máxima excentricidad también depende de:

- Si la embarcación está cargada o no. Una embarcación no cargada puede navegar más cerca de la orilla.
- Corrientes naturales.
- Curvas y recodos en la vía fluvial.
- Pendiente del terraplén.



El diseñador debe estimar el valor de la excentricidad. El valor decisivo estará entre cero y un tercio del ancho de la línea de flotación para una vía fluvial excavada.

$$0 < y < \frac{b_w}{3}$$

Si el barco navega excéntricamente, en los cálculos descritos en el siguientes apartados el valor A_c debe ser sustituido por A_{ci} (el imaginario mojado área de sección transversal),

Donde:

$$\frac{A_{ci}}{A_c} = 1 - c_2 \left(\frac{y}{b_w - h \cot \alpha} \right)$$

- A_c = área transversal sumergida de la vía fluvial, m² (ft²)
- A_{ci} = área transversal sumergida imaginaria de la vía fluvial, m² (ft²)
- h = profundidad del agua en una vía fluvial, m (ft)
- α = ángulo de inclinación de la orilla, °

y donde el coeficiente c_2 , se estima entre 0.4 y 1.28.

Determinación de la Velocidad Límite

Se debe proporcionar un valor para la velocidad del buque a efectos de diseño. En aguas libres, como el mar o un lago, la velocidad V_s del barco depende únicamente de la geometría del barco y del método de propulsión.

$$\frac{V_L}{\sqrt{gh'}} = \left(\frac{2}{3} \right)^{\frac{3}{2}} \left(1 - \frac{A_m}{A_c} + \frac{V_L^2}{2gh'} \right)^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

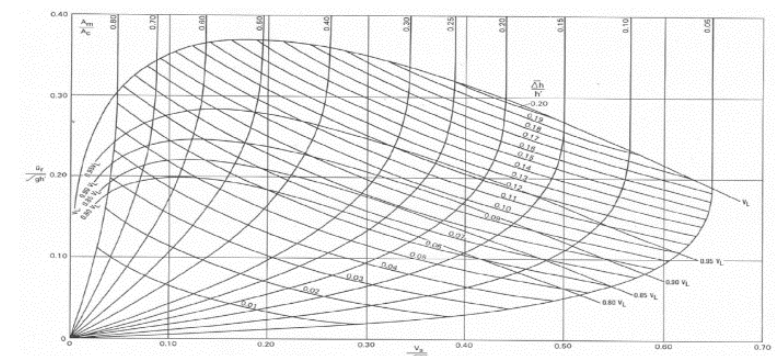
- V_L = velocidad límite de una embarcación, m/s (ft/s)
- g = aceleración debido a la gravedad, m/s², (ft/s²)
- A_m = área de sección transversal mojada de la embarcación en la sección media, m² (ft²)

y donde la profundidad de agua h' imaginaria se calcula como:

$$h' = \frac{A_c}{b_w}$$

El término $\frac{A_m}{A_c}$ se conoce como la relación de bloqueo.

La figura a continuación proporciona una solución gráfica para esta ecuación. La figura se basa en los métodos de Schijf y también proporciona soluciones para los siguientes pasos.





Determinar la Velocidad de la Embarcación

Velocidad de la Embarcación:

Es posible calcular una velocidad real de la embarcación dados el conocimiento de la potencia del motor y el tipo de hélice. Pero es adecuado para fines de diseño asumir:

$$V_s = 0.9V_L$$

Donde:

V_s = velocidad real de la embarcación, m/s (ft/s)

Determinar el Movimiento del Agua Inducido por la Embarcación

El movimiento del agua producido por las embarcaciones se puede describir en términos de:

- Olas
- Corrientes
- Cambios en el nivel del agua.

Velocidad Promedio de la Corriente de Retorno y Depresión Promedio del Nivel del Agua:

Una embarcación que se desplaza a lo largo de una vía de agua restringida genera una corriente de retorno en la vía de agua, paralela pero opuesta a la dirección del movimiento de la embarcación. La corriente de retorno actúa durante el tiempo que le lleva a la embarcación pasar y produce altos esfuerzos de corte en los límites de la vía fluvial.

La energía cinética del agua que fluye junto a la embarcación provoca que el nivel del agua en la región disminuya para mantener constante la energía total. Por lo tanto, el nivel del agua alrededor de la embarcación disminuye en función de la velocidad local de la corriente de retorno.



Las siguientes ecuaciones de Schijf se pueden utilizar para resolver la depresión promedio del nivel del agua y el período promedio de corriente de retorno.

$$\Delta\bar{h} = \frac{V_s^2}{2g} \left[\alpha_1 \left(\frac{A_c}{A_w} \right)^2 - 1 \right]$$

$$A_c V_s = A_w (V_s + \bar{u}_r)$$

$$A_w = b_b (h - \Delta\bar{h}) + m (h - \Delta\bar{h})^2 - A_m$$

Donde:

$$\alpha_1 = 1.4 - 0.4 \frac{V_s}{V_L}$$

A_w = área transversal efectiva mojada de una vía fluvial durante el paso de una embarcación, m² (ft²)

$\Delta\bar{h}$ = depresión promedio del nivel del agua, m (ft)

\bar{u}_r = velocidad promedio de retorno de la corriente, m/s, (ft/s)

El valor utilizado en la figura se toma como 1.1.

Nivel Máximo de Depresión del Agua y Velocidad Máxima de Corriente de Retorno:

Los valores promedio de la depresión del nivel del agua y la corriente de retorno mencionados arriba son valores promedio. Los valores máximos deben calcularse para el tipo de embarcación.

La corriente de retorno máxima:

$$\hat{u}_r = 1.33 + 7.86 F_h^{2.33} \left(\frac{A_m}{A_c} \cdot \frac{b_w}{y_t} \cdot \frac{L_s^2}{h\sqrt{A_c}} \right)^{0.17}$$

La máxima depresión del nivel del agua:

$$\Delta\hat{h} = 0.875 + 6.25 F_h^{2.67} \left(\frac{A_m}{A_c} \cdot \frac{b_w}{y_t} \cdot \frac{L_s^2}{h\sqrt{A_c}} \right)^{0.33}$$

Donde:

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g(h_1 + h_2)}}$$

y

$$y_t = 0.5b_w - y - 0.5h \cot \alpha_1$$

Donde:

$\Delta\hat{h}$ = depresión máxima de la línea de agua, m (ft)

$\Delta\hat{u}$ = velocidad máxima de la corriente de retorno, m/s (ft/s)





Perfil de la superficie del agua.
adyacente a un barco en movimiento



Ola frontal:

La transición entre el nivel de agua no perturbada en la parte delantera de la embarcación y la depresión del nivel del agua junto a ella toma la forma de una superficie de agua inclinada denominada ola frontal. La superficie de la ola justo delante de la embarcación se eleva debido a la aproximación de la embarcación y, por lo tanto, la altura total de la ola frontal es ligeramente mayor que la depresión del nivel del agua. El gradiente de la ola frontal es importante en relación con la presión del agua en el subsuelo y debajo del revestimiento.

La altura de la ola frontal se puede considerar como:

$$\Delta h_f = 0.1\Delta h + \Delta \hat{h}$$

Donde:

Δh_f = altura de la ola frontal, m (ft)

El gradiente de la onda frontal depende de Δh_f y de la excentricidad de la navegación y puede estimarse como $0.3\Delta h_f$.

Olas de popa transversales y flujo ocasionado por la pendiente:

La ola de popa transversal es la transición entre la depresión del nivel del agua y el nivel normal del agua detrás de la embarcación. Puede tomar la forma de una ola rompiente, dependiendo de la velocidad de la embarcación y la profundidad de la vía navegable. Relacionadas con la ola de popa transversal están las velocidades de corriente locales en las pendientes laterales. Aquí, las orillas inclinadas hacen que el agua de reposición tenga un componente de flujo perpendicular al eje de la vía fluvial. El resultado es una corriente local de alta velocidad llamada flujo ocasionado por la pendiente.

La altura de la ola de popa transversal se puede calcular como:

$$z_{\max} = \Delta \hat{h}$$

Donde:

z_{\max} = Altura de la ola de popa transversal, m (ft)

La pendiente de esta ola depende de z_{\max} pero tiene un valor límite de entre 0.1 y 0.15.



Olas Secundarias y Picos de Interferencia:

Las olas secundarias de la embarcación se generan especialmente en la proa y popa de la embarcación, y en cualquier otra discontinuidad a lo largo del casco de la embarcación. Estas olas consisten en olas transversales y divergentes, que juntas forman picos de interferencia que pueden generar fuerzas significativas sobre el revestimiento.

Las crestas de interferencia se propagan a un ángulo de aproximadamente 35° desde el eje de la embarcación (o 55° en relación normal al revestimiento).

En algunos casos, estos picos de interferencia posteriormente interfieren con la ola transversal de popa, combinándose para aumentar la depresión del nivel del agua y añadir picos a la altura de las olas transversales de popa. Estos picos pueden tener un efecto importante en las partes superiores del talud.

Los buques rápidos sin carga y los remolcadores generan olas secundarias significativas.

Las olas secundarias se combinan para formar picos de interferencia. La altura de los picos en el revestimiento puede considerarse como:

$$H_i = h \left(\frac{s}{h} \right)^{-0.33} F_h^4$$

Donde:

H_i = altura de las olas secundarias (picos de interferencia), m (ft)

s = distancia a lo largo de la superficie del agua desde el costado de la embarcación hasta el revestimiento, m (ft)

F_h = número de Froude

La longitud de ola se puede encontrar a partir de:

$$L_{wi} = 0.67 \cdot 2\pi \cdot \frac{V_s^2}{g}$$

$$6.5 < h < 8.5$$

para el rango

$$F_h < 0.7$$

La dirección de propagación se puede tomar como 55° normal al revestimiento.

Efecto de las hélices:

La hélice genera un chorro de agua de alta velocidad que puede impactar en el lecho o en las orillas del canal de agua. Puede resultar en una socavación grave cuando los barcos parten desde una posición estática o mientras maniobran. Un propulsor en la proa con propulsión en la parte delantera del barco puede causar aún más socavación.

El análisis requiere conocimiento del sistema de propulsión y del tamaño y duración de la carga aplicada.

El nivel de daño es proporcional tanto al efecto de la hélice como a la duración durante la cual la hélice está afectando el área.





Una indicación de las velocidades en el fondo debido a la acción de la hélice se puede obtener con:

$$u_b = \alpha_2 u_o \frac{D_o}{z_b}$$

Donde:

$$u_o = 1.15 \left(\frac{P_D}{D_o^2} \right)^{0.33}$$

- u_b = velocidad por efecto de la hélice en la curva de una vía fluvial, m/s (ft/s)
- u_o = velocidad de flujo axial desde la hélice, m/s, (ft/s)
- β = coeficiente, (se asume 0.75)
- z_b = distancia vertical desde el eje de la hélice hasta el lecho de la vía fluvial, m (ft)
- D_o = diámetro inicial de la estela detrás de la hélice, m (ft) - D_p para embarcaciones con una tobera de hélice) y $0.7 D_p$ (para embarcaciones sin tobera)
- D_p = diámetro de la hélice
- P_D = potencia del motor instalado, kW (HP)
- α_2 = coeficiente de velocidad por efecto de la hélice

Otras Causas de Movimiento del Agua

Influencias aparte de las embarcaciones pueden inducir movimiento del agua en una vía fluvial. Ejemplos de ello son las variaciones en el nivel de marea, las corrientes inducidas por las mareas, las olas generadas por el viento, y demás. Cuando estén presentes, la magnitud de estos fenómenos deberá evaluarse si parecen significativos en relación al movimiento del agua inducido por las embarcaciones.

Cambios en el Nivel del Agua:

La altura del nivel del agua también afecta a las olas y corrientes que actúan sobre el revestimiento. Si el nivel del agua es alto, entonces una sección diferente del revestimiento estará expuesta a la acción de las olas.

Las variaciones de marea y los cambios de nivel debido a los caudales de los ríos tienen lugar a lo largo de un período de horas e incluso días, y por lo tanto afectan al revestimiento de manera diferente que las depresiones en el nivel del agua inducidas por las embarcaciones.

Corrientes Naturales:

Estas pueden ser causadas por el flujo de corrientes, las mareas, el viento y las olas.

- Flujo de Corriente - causado por descargas en ríos o canales, especialmente durante condiciones extremas de inundación. Los flujos son fuertemente influenciados por cambios en el nivel del agua, la geometría y la morfología. Se deben obtener datos de campo adecuados para verificar y documentar las velocidades para diferentes descargas.
- Corrientes de Marea - estas se generan cuando ocurren gradientes de marea.
- Corrientes Inducidas por el Viento - en algunos casos, el viento puede ejercer una fuerza de corte sobre el agua generando una corriente. Sin embargo, en la mayoría de los casos, para condiciones de estado estable la corriente no es significativa, siendo solo un 2-5% de la velocidad del viento.



Olas generadas por el viento:

En algunos cuerpos de agua, las olas generadas por el viento pueden ser críticas. Los factores que afectan a estas olas son la velocidad del viento, la distancia de acción del viento, la duración del viento y la profundidad del agua.

Al considerar la velocidad del viento, es importante darse cuenta de que la acción del viento debe ser sostenida para generar olas. Las ráfagas breves que alcanzan altas velocidades no duran lo suficiente como para causar el crecimiento de las olas. La longitud de la distancia de acción del viento afecta la longitud de ola y la altura de las olas, y la profundidad del agua influye en la altura de las olas.

Diseño de la capa de recubrimiento para estabilidad frente a cargas hidráulicas

El enfoque de diseño para las capas de recubrimiento con concreto encapsulado bajo el ataque de las olas analiza la capa de recubrimiento como una placa. La placa debe tener un espesor adecuado para que los momentos de flexión inducidos por el impacto de las olas no generen tensiones críticas dentro del concreto.

Calcule el espesor promedio necesario de una capa de recubrimiento con Concreto Encapsulado HYDROTEX™ colocada en una pendiente:

Para efectos de cargas a largo plazo, el espesor de la capa de recubrimiento se ha incrementado por un factor de seguridad de 1.25.

$$D = 1.25 \frac{H_m \xi^{1/2}}{\phi \Delta_m \cos \alpha}$$

Donde:

- D = espesor promedio de la capa de recubrimiento
- H_m = altura máxima de las olas por el viento
- ξ = parámetro de rompimiento de las olas
- ϕ = coeficiente de resistencia (para colchones de concreto) $(\rho_c - \rho_w) / \rho_w$
- Δ_m = densidad relativa del concreto
- ρ_c = densidad del concreto de agregado fino, 2035 kg/m³
- ρ_w = densidad del agua, 1000 kg/m³
- α = ángulo de inclinación del talud

Un factor de reducción de $(\cos \beta)^{1/2}$ puede aplicarse a la ecuación anterior para tener en cuenta el ángulo de incidencia de la ola respecto a la normal. La ecuación anterior se convierte en:

$$D = 1.25 \frac{H_m (\cos \beta)^{1/2} \xi^{1/2}}{\phi \Delta_m \cos \alpha}$$

Donde:

- $\cos \beta$ = ángulo de incidencia de la ola respecto a la normal, °

El valor del coeficiente de resistencia depende del tipo de ola y de la capa de drenaje, si la hubiera. La Tabla 1.5 proporciona ejemplos de coeficientes de resistencia para sistemas basados en resultados empíricos.

El comportamiento de las capas de recubrimiento con concreto encapsulado bajo ataque de corrientes no se considera; por lo general, el ataque de las olas suele generar la carga determinante sobre la capa de recubrimiento.





Arreglos en el Sitio y Preparación para la Instalación del Colchón de Concreto

Asesoría in situ proporcionada por ingenieros de Synthetex



Entrega y Almacenamiento de Materiales

Los paneles son entregados por camión. La descarga y manipulación en el sitio debe realizarse con una carretilla elevadora. Cada panel está marcado con números de colchón y las dimensiones del colchón de su contenido.

Los paneles entregados al sitio por camiones deben ser descargados, inspeccionados y almacenados con la menor manipulación posible. Los paneles de Formaleta Textil deben ser transportados al punto de inspección y descargados. Cada panel está etiquetado con su número de panel en el lado adyacente al muelle. Al completar la inspección del panel, este puede ser replegado y enrollado en su núcleo de cartón de envío y almacenado hasta que sea necesario para la instalación.

Dibujos de disposición general

Los dibujos de disposición, colchones individuales (paneles) y dibujos de componentes con dimensiones que coinciden con el diseño mostrado en los documentos del contrato se incluyen en el documento Evaluación preliminar de la colchón de concreto, preparado para cada proyecto.

Preparación general de la base

La preparación de la base debe realizarse según las especificaciones del proyecto.

Preparación de colchones

Todos los paneles de formaleta son únicos y se prueban con cremallera en la fábrica para asegurarse de que todas las conexiones entre paneles con cremallera estén funcionando correctamente. Sin embargo, se debe proporcionar un área plana y seca en el lugar de trabajo con suficiente tamaño para acomodar tres (3) paneles de formaleta adyacentes para la inspección de la formaleta y la fijación de las cerraduras de llenado.



Instalación de colchones de Concreto Encapsulado



Equipos de Buceo para la Instalación de colchones de Concreto

Debería haber tres (3) o más equipos de buceo encargados de preparar e instalar el colchón de concreto. Uno debería encargarse de la preparación y los otros dos de la instalación. Los dos (2) equipos de instalación deben tener una conexión de audio y video, a través de cámaras de buceo para el monitoreo, control de calidad, avance y seguridad.

Directrices de Instalación para Muelles Cerrados y Abiertos

Synthetex ha preparado guías de instalación para la instalación de medidas de control de erosión y socavación con concreto encapsulado en muelles típicos cerrados y abiertos. Los métodos de instalación para colchones de concreto en muelles cerrados y abiertos comparten varios requisitos comunes. Sin embargo, los detalles del procedimiento pueden variar considerablemente.

Provisión de Materiales, Equipos y Servicios de Buceo Requeridos

A continuación se presenta una lista recomendada de materiales, equipos y servicios de buceo necesarios para la instalación de delantales de protección contra socavación con concreto colado en sitio.

- Suministro para concreto de agregado fino
- Suministro de equipo y mangueras para bombeo de concreto
- Suministro de operarios para el bombeo de concreto
- Suministro de sistema de flotación para mangueras de concreto
- Grúa de alcance largo de servicio liviano para posicionar mangueras de concreto
- Montacargas para descargar y mover las formaletas textiles
- Equipo de elevación por aire para preparación final de la base, si es necesario
- Plataforma flotante para posicionar mangueras sobre puertos de llenado
- 2 supervisores de buceo certificados para supervisar las operaciones de buceo
- 10 buceadores certificados operando en dos equipos
- 1 médico buceador / operador de cámara de descompresión cualificado para proporcionar apoyo médico de emergencia en el lugar a los equipos de buceo
- 2 sistemas de buceo suministrados desde la superficie en contenedores certificados
- 1 cámara de descompresión certificada





Instalación de colchones de Concreto Encapsulado



Equipo de Buceo para la Instalación de colchones de Concreto

Debe haber tres (3) o más equipos de buceo preparando e instalando el colchón de concreto. Uno debe realizar la preparación y los otros dos la instalación. Los dos (2) equipos de instalación deberán tener enlace audio y visual, a modo de inmersión. Cámaras para la conducción, el control de calidad el progreso y la seguridad.

Preparación del Sitio - Dragado y Nivelación

Las áreas en las que se colocará la formaleta deberán ser construidas conforme a las líneas, niveles, contornos y dimensiones mostradas en los Planos del Contrato. Las áreas serán niveladas y compactadas uniformemente hasta obtener una superficie lisa con una tolerancia permitida de +/- 500 mm, siempre y cuando la suma de las tolerancias positivas y negativas desde el nivel no sea continua en ninguna dirección por más de diez (10) veces el espesor designado del colchón de concreto de la sección más gruesa dentro del panel de colchones correspondiente.

Inspección

Justo antes de colocar la formaleta, el área preparada será inspeccionada por el Ingeniero, y no se colocará ninguna formaleta hasta que el área haya sido aprobada.

Preparación del Colchón

Todos los paneles de la formaleta se cierran a prueba en la fábrica para asegurarse de que todas las conexiones entre paneles con cierre estén funcionando correctamente. Sin embargo, se debe proporcionar un área plana y seca en el lugar con espacio suficiente para tres (3) paneles adyacentes de formaleta textil, con el fin de llevar a cabo la inspección de la formaleta. Todos los paneles deben colocarse dentro del área de inspección y se deben verificar sus cierres para detectar giros y acortamientos antes de colocarlos sobre los tubos de despliegue.

Colocación del formaleta de Tela

Los paneles de la formaleta ensamblados en fábrica se colocarán sobre el subtramo preparado y dentro de los límites mostrados en los Planos del Contrato. La terminación del formaleta textil será como se muestra en los Planos del Contrato. Al colocar los paneles de la formaleta, se deberá considerar una tolerancia de aproximadamente el 5% de contracción del formaleta en la dirección lateral y del 10% en la dirección de la pendiente, lo cual ocurrirá como resultado del llenado con concreto de agregado



fino. El contratista deberá reunir y doblar los paneles adicionales. La dirección de pendiente de la formaleta deberá asegurarse de manera que se vaya liberando gradualmente a medida que la formaleta de tela se contraiga durante el llenado. El contratista deberá recoger la formaleta adicional en la dirección lateral en el centro de cada panel para su liberación automática durante el llenado.

Los paneles de formaleta adyacentes longitudinalmente deberán unirse en las aletas laterales para formar una interfaz resistente al corte tipo Bola y Cavidad, mediante la unión de la capa superior con la capa superior y la capa inferior con la capa inferior. Los paneles de formaleta textil adyacentes verticalmente deberán unirse para formar una interfaz resistente al corte tipo Bola y Cavidad, de la siguiente manera:

- Une la capa de tela inferior del panel de la formaleta superior con la capa de tela inferior del panel de la formaleta inferior, uniéndolos con una cremallera.
- Une la capa de tela superior del panel de la formaleta superior con la capa de tela superior del panel de la formaleta inferior, uniéndolos con una cremallera.

Cuando existan pilotes, los paneles de formaleta deberán colocarse en los pilotes de tal manera que alineen los recortes semicirculares y semielípticos con los pilotes. Los recortes para los pilotes en los paneles adyacentes deberán coincidir en el pilote para formar un sellado secundario alrededor del pilote. Las mitades adyacentes de los recortes semicirculares y semielípticos se unirán cuando los paneles de colchón adyacentes se cierren con cremallera.

Justo antes de llenar con concreto de agregado fino, los paneles de formaleta ensamblados serán inspeccionados por el Ingeniero, y no se bombeará concreto de agregado fino hasta que las costuras de la tela hayan sido aprobadas. En ningún momento la formaleta textil vacía estará expuesta a la luz ultravioleta (incluida la luz solar directa) por un período superior a cinco (5) días.





Colocación de Concreto de Agregado Fino

Después de colocar la formaleta sobre la subbase preparada, se deberá bombear concreto de agregado fino entre las capas superior e inferior de la formaleta a través de los puertos de llenado instalados en fábrica, en la capa superior de la formaleta textil. Los puertos de llenado tendrán un tamaño adecuado para permitir la inserción correcta de mangueras de hormigón con un diámetro de 2.5 pulgadas. El concreto de agregado fino se bombeará entre las capas superior e inferior de tela, llenando la formaleta hasta el espesor y la configuración especificados.

Después de retirar la manguera de concreto, cierre la abertura de llenado tipo manga textil apretando la manga con la correa y la hebilla proporcionadas.

La cobertura de concreto de agregado fino para secciones de 200 mm de un colchón de concreto deberá ser aproximadamente de 4.6 m²/m³, y para secciones de colchón de 150 mm, aproximadamente de 6.1 m²/m³.

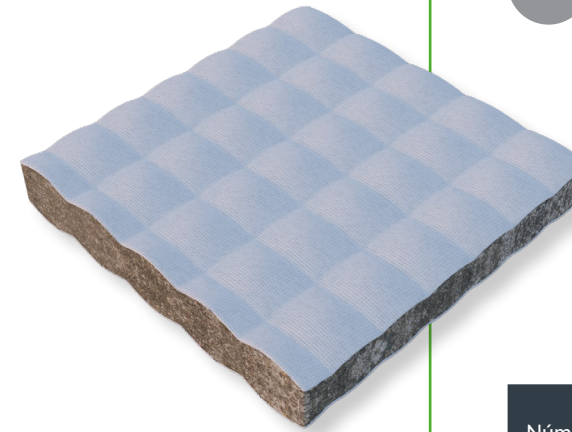
El concreto de agregado fino deberá ser bombeado de tal manera que se evite una presión excesiva sobre la formaleta, excepto en las juntas controladas designadas como bola y cavidad. Se evitarán las juntas frías. Una junta fría se define como aquella en la cual el bombeo del concreto de agregado fino en una sección determinada del formaleta se interrumpe durante un intervalo de cuarenta y cinco (45) minutos o más. La secuencia del concreto de agregado fino deberá ser tal que garantice el llenado completo del colchón de concreto encapsulado hasta el espesor especificado. El flujo del concreto de agregado fino se dirigirá primero hacia el borde inferior del formaleta y avanzará hacia arriba por la pendiente.

Antes de retirar la manguera de bombeo de concreto de la sección actual del colchón de concreto y proceder al llenado de la sección adyacente con concreto de agregado fino, se medirá el espesor de la sección actual del colchón mediante la inserción de un trozo de alambre rígido a través del colchón en varios lugares a lo largo de la pendiente. El promedio de todas las mediciones de espesor no deberá ser inferior al 10% del espesor promedio especificado del colchón de concreto. Si las mediciones no cumplen con esta tolerancia, el bombeo continuará hasta que se alcance el espesor promedio especificado.

Colchón de Concreto de Sección Uniforme (US)

US

La formaleta de Sección Uniforme, cuando está llena, se convierte en un colchón de concreto de grosor constante, con una superficie de patrón adoquinado. El espesor y el peso del revestimiento son controlados por cuerdas separadoras. Las cuerdas se entrelazan entre las dos capas de tela, en pares paralelos, de manera que las cuerdas en la capa superior y la capa inferior se cruzan entre capas en puntos de descarga.



Número de Producto	Espesor Promedio	Masa por Unidad de Área	Cobertura de Concreto
	in (mm)	lbs/ft ² (kg/m ²)	ft ² yd ³ (m ² /m ³)
US200/50M	2 (50)	22 (107)	150 (18.2)
US300/75M	3 (75)	34 (165)	100 (12.15)
US400/100M	4 (100)	45 (220)	75 (9.11)
US600/150M	6 (150)	68 (330)	50 (6.08)
US800/200M	8 (200)	90 (440)	37 (4.50)
US1000/250M	10 (250)	113 (550)	30 (3.65)
US1200/300M	12 (300)	135 (660)	25 (3.04)
US1400/350M	14 (350)	157 (770)	21 (2.55)
US1600/400M	16 (400)	180 (880)	19 (2.31)

Sección Uniforme durante la instalación





Colchón de Concreto Bloque Articulado (AB)

AB

La formaleta de Bloque Articulado, al ser llenado, se convierte en un colchón de concreto compuesto por bloques rectangulares con forma de almohada. Los perímetros entrelazados entre los bloques actúan como una bisagra que permite la articulación. Los cables permanecen incrustados en los bloques de concreto para conectarlos entre sí y facilitar la articulación. Algunos alivios de presión hidrostática se logran a través de las bandas de filtración formadas por los perímetros entrelazados de los bloques. Las bandas de perímetro entrelazadas entre los bloques sirven para definir el espaciado entre los bloques, facilitando así la articulación del colchón.



Número de Producto	Espesor Promedio	Masa por Unidad de Área	Cobertura de Concreto
	in (mm)	lbs/ft ² (kg/m ²)	ft ² yd ³ (m ² /m ³)
AB300/75M	3 (75)	34 (165)	100 (12.15)
AB400/100M	4 (100)	45 (220)	75 (9.11)
AB600/150M	6 (150)	68 (330)	50 (6.08)
AB800/200M	8 (200)	90 (440)	37 (4.50)
AB1000/250M	10 (250)	113 (550)	30 (3.65)
AB1200/300M	12 (300)	135 (660)	25 (3.04)
AB1400/350M	14 (350)	157 (770)	21 (2.55)
AB1600/400M	16 (400)	180 (880)	19 (2.31)
AB1800/450M	18 (450)	203 (990)	17 (2.65)
AB2000/500M	20 (500)	226 (1100)	15 (1.82)

Bloque Articulado
escalonado / en línea

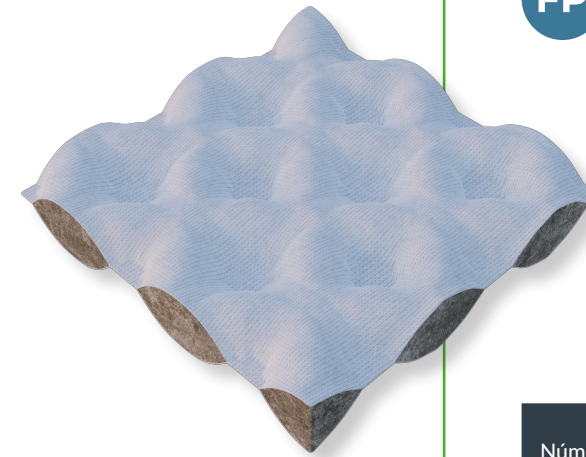


Colchón de Concreto Punto de Filtro (FP)

FP

La formaleta de Punto de Filtro se convierte en un colchón con una superficie acolchada con depresiones en puntos de filtración (drenajes) a intervalos regulares, para proporcionar un revestimiento de concreto resistente a la erosión y permeable al agua, con un coeficiente relativamente alto de fricción hidráulica para reducir la velocidad del agua y la elevación de las olas.

El espaciamiento de los puntos de filtración determina el grosor y el peso del revestimiento, mientras que los puntos de filtración especialmente diseñados alivian la presión hidrostática y reducen el esfuerzo aplicado a la formaleta durante el bombeo.



Número de Producto	Espesor Promedio	Masa por Unidad de Área	Cobertura de Concreto
	in (mm)	lbs/ft ² (kg/m ²)	ft ² yd ³ (m ² /m ³)
FP220/55M	2.2 (55)	25 (120)	136 (16.6)
FP300/75M	3 (75)	34 (165)	100 (12.15)
FP400/100M	4 (100)	45 (220)	75 (9.11)
FP600/150M	6 (150)	68 (330)	50 (6.08)
FP800/200M	8 (200)	90 (440)	37 (4.50)
FP1000/250M	10 (250)	113 (550)	30 (3.65)
FP1200/300M	12 (300)	135 (660)	25 (3.04)

Un bloque de Punto de Filtro Instalado
mostrando los puntos de filtración.





Fabricación



HYDROTEX líneas de tejido No. 1 & 2

La formaleta está construida con hilos sintéticos formados en una tela tejida técnica de doble capa. Los hilos utilizados en la fabricación de la tela son de poliéster de alta resistencia y alta tenacidad. No se utilizan hilos con densidades inferiores a 1.0, como el poliamida (Nylon), polietileno y polipropileno, en nuestra tela debido a sus características de flotación. Cada capa de la formaleta de tela se ajusta a los requisitos físicos, mecánicos e hidráulicos del proyecto.

La formaleta de Synthetex se fabrica en máquinas de tejido de última generación, bajo la supervisión de personal altamente calificado en ubicaciones en Estados Unidos e India, utilizando estándares internacionales de control de calidad. El proceso de fabricación procede de la siguiente manera:

- Se inspeccionan los hilos de poliéster de alta resistencia y tenacidad.
- Los paquetes de hilos inspeccionados (carretes) se colocan en los soportes.
- Se pasan hilos individuales, desde los carretes, a través de dispositivos de tensión y se enrollan en los lizos de urdimbre del telar.
- Los lizos de urdimbre del telar se transfieren al departamento de tejido y se tejen en anchos de rollos de molino de 320 mm, 360 mm o 550 mm.
- Se inspeccionan los rollos de ancho de molino y se cortan a longitudes especificadas por panel de formaleta.
- Los rollos de ancho de molino inspeccionados y cortados se transfieren al departamento de fabricación y se cosen en paneles de formaleta con deflectores y cremalleras.
- Se inspeccionan los paneles de formaleta cosidos.
- Los paneles de formaleta cosidos se colocan en el área de suelo abierto del departamento de fabricación y se instalan los accesorios necesarios, como puertos de llenado y ventilación.
- Se inspeccionan los paneles fabricados.
- Los paneles fabricados se pliegan y envuelven con cubiertas protectoras o se enrollan en tubos de cartón o plástico y se colocan en una cubierta protectora.



Línea de fabricación HYDROTEX No. 1.
&
Instalación de hardware HYDROTEX No. 3

