

Las cámaras StormTech® ofrecen la ventaja distintiva y la versatilidad que les permite ser diseñadas como un sistema de detención y retención permeable. De hecho, la amplia mayoría de las instalaciones y diseños de StormTech® son sistemas permeables. El uso de un sistema permeable permite el tratamiento del agua pluvial a través de los suelos subyacentes y provee un factor de seguridad de volumen basado en la capacidad de infiltración de los suelos.

Sin embargo, en algunas aplicaciones tal vez no se permitan los sistemas de detención permeable. Esta sección ofrece una guía para el diseño e instalación de recubrimientos termoplásticos para sistemas de detención utilizando cámaras StormTech®.

Los puntos principales son:

- Por lo general, la infiltración del agua pluvial es una práctica de gestión deseable, y a menudo los reglamentos la exigen. Los sistemas impermeables solo se deben especificar donde las condiciones únicas del sitio impidan una infiltración significativa o la regulación local no la permita.
- Los recubrimientos termoplásticos ofrecen un medio rentable y viable para contener el agua pluvial en los sistemas subterráneos de StormTech®, donde la infiltración no es deseable.
- Los materiales de membrana instalados de PVC y PEBD son los más rentables.
- Se puede mejorar la resistencia a la punción del agregado angular por el lado del agua y a protuberancias por el lado del suelo, colocando un geotextil no tejido en cada lado de la geomembrana. Al buscar una opción económica, se puede considerar una capa de arena en lugar del geotextil por el lado del suelo.
- StormTech® no diseña, fabrica, vende o instala recubrimientos termoplásticos. StormTech® recomienda consultar con los profesionales de recubrimientos para recibir asesoría sobre el diseño y la instalación final.

Materiales de la geomembrana

El cloruro de polivinilo (PVC) es un material de recubrimiento eficaz para los sistemas StormTech®. El PVC ofrece una buena resistencia a los productos químicos ante las concentraciones de contaminantes típicas de los escurrimientos de las carreteras y ante los cloruros de la aplicación de sal en los caminos. Para sistemas StormTech® se recomiendan recubrimientos de PVC de 0.75 mm, no reforzados. El PVC es flexible. Se puede doblar sin dañarlo y usualmente está prefabricado y se envía al sitio del trabajo. Se pueden prefabricar paneles hasta de 1,860 m² (20,000 pies²) en un rollo de 1,815 kg (4,000 lb) (0.75 mm es 0.195 lb/pie², SG = 1.2). El PVC tiene la versatilidad de poderse soldar con solvente en el campo, pegar con cinta o soldar con calor en el campo. Una ventaja muy significativa del PVC es que un contratista de excavaciones puede instalar un recubrimiento de PVC sin personal especializado. La soldadura con solvente de uniones, parches y fundas de tubos la puede hacer el contratista de la excavación, lo cual hace que el PVC sea la alternativa de recubrimiento con el costo más bajo.

El compuesto de PVC incluye cargas y plastificantes para reducir el costo, e inhibidores de rayos UV para extender la vida útil bajo exposición a la luz solar. Ante exposiciones prolongadas a la luz solar, como en un depósito de agua de superficie permanente, estos aditivos se pueden lixiviar en el depósito y alcanzar concentraciones nocivas para la vida acuática. A veces se usan compuestos de PVC conocidos como "amigables con la vida acuática" para los recubrimientos de estanques de superficie y se podrían considerar para los recubrimientos StormTech®. No obstante, como los sistemas StormTech® van en el subsuelo, no hay oportunidad de un ataque de rayos UV de la luz del sol. Asimismo, dado que el agua pluvial se detiene por periodos cortos, usualmente de 48 horas o menos, existen pocas oportunidades de que se acumulen lixiviados. Por lo tanto, el PVC es un material excelente para membranas de sistemas de detención de recubrimiento termoplástico.

Configuración recomendada: PVC de 0.75 mm con capa superior e inferior de geotextil no tejido de 8 onzas, parte superior abierta con alta derivación de flujo. Restricción recomendada: No la use para contención de derrames de combustible.

Nota Técnica #2

El **polietileno de baja densidad (PEBD)** es un material muy inerte que ofrece una resistencia excelente a los productos químicos y es "amigable con la vida acuática". El PEBD es un sistema de recubrimiento eficaz para sistemas StormTech®, en particular para pequeños proyectos donde todo el recubrimiento se puede prefabricar en una pieza o cuando se usen uniones pegadas con cinta. El PEBD es flexible hasta 0.75 mm, pero en grosores mayores de 0.75 mm no se debe doblar sin correr el riesgo de dañarlo. Se recomienda PEBD de 0.75 mm. Se debe tener cuidado adicional para protegerlo contra las perforaciones. Se debe especificar, como mínimo, una capa inferior de geotextil no tejido de 8 onzas y una capa superior de 12 onzas. La capa inferior debe aumentarse a 12 onzas donde la condición impermeable sea esencial y donde exista un mayor riesgo de perforaciones. Se pueden prefabricar paneles hasta de 2,510 m² (27,000 pies²) en un rollo de 1,815 kg (4,000 lb) (0.75 mm es 0.15 lb/pie²). El PEBD tiene una gravedad específica menor de 1.0. Las uniones de PEBD se pueden pegar con cinta o soldarse con calor en el campo. Los costos de instalación pueden aumentar si se requiere que un contratista especializado realice uniones en el campo.

Configuración recomendada: PEBD de 0.75 mm con capa inferior de 8 onzas y capa superior de 12 onzas de geotextil no tejido, parte superior abierta con alta derivación de flujo. Restricción recomendada: No la use para contención de derrames de combustible.

El polipropileno reforzado (RPP), el EPDM y el XR-5 son materiales excelentes para sistemas de recubrimiento debido a su flexibilidad, durabilidad y excelente resistencia a productos químicos y rayos UV. Aunque son excelentes materiales de recubrimiento, por lo general exceden los requisitos de ingeniería para aplicaciones típicas, y tienen un costo mayor que el PVC o el PEBD. Para concentraciones de combustible y aceite que se encuentran normalmente en aguas pluviales de estacionamientos y caminos, son adecuados el PVC, el PEBD y el PP. Sin embargo, si se anticipa la contención de contaminantes agresivos, combustibles o derrames de combustible, se debe consultar a un profesional de recubrimientos. Podría ser adecuado el XR-5 en espesores de 0.75 mm o más, con uniones soldadas.

Los materiales de Polietileno (PE) son inertes, ofrecen una excelente resistencia a los productos químicos y son "amigables con la vida acuática". Aunque los recubrimientos de polietileno de densidad media (MDPE) se utilizan ampliamente para rellenos sanitarios y estanques de peces, por lo general tienen un costo total mucho más alto y es posible que no sean materiales de recubrimiento económicos. El polietileno de alta densidad (HDPE) no es lo suficiente flexible para resistir perforaciones y adaptarse a la excavación. Dejando a un lado el costo, el MDPE es un material aceptable para recubrimiento en sistemas StormTech®, pero debe limitarse a subrasantes que estén bien preparados, sin protuberancias y las uniones deben realizarse en el campo.

Materiales geotextiles

- 6 onzas: Geotextil no tejido para aplicaciones de separación de Clase 2 según AASHTO M288, sobre la parte superior de la grava (ADS 601 o equivalente).
- 8 onzas: Geotextil no tejido Clase 2 según AASHTO M288 para usarse como capa de protección para PVC, RPP y PEBD (ADS 801 o equivalente).
- 12 onzas: Geotextil no tejido de categoría "Regular", según AREMA, Capítulo 1 Parte 10 para usarse como capa de protección para PEBD y otras membranas de PE (ADS 1201 o equivalente).

Opiniones de unión

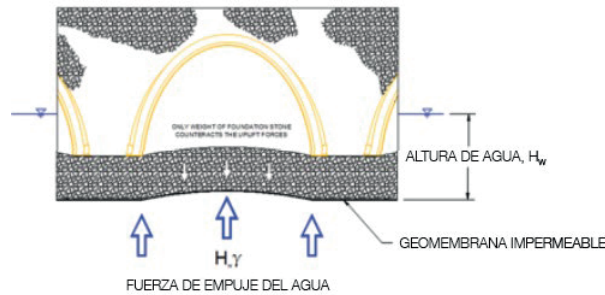
1. Uniones prefabricadas contra hechas en el campo siempre que sea posible, las uniones prefabricadas son preferibles a las uniones en el campo en todos los materiales de recubrimiento.
2. Soldado con solvente, solo PVC, de bajo costo.
3. Soldado por calor costoso, requiere a alguien capacitado en uniones para todos los materiales de recubrimiento.

Nota Técnica #2

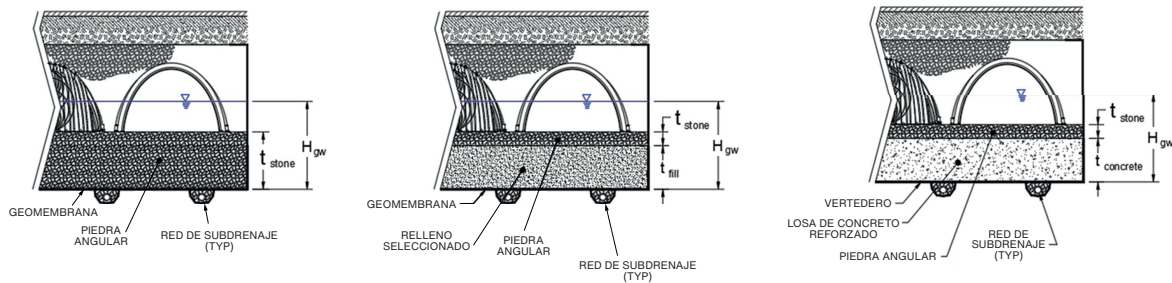
En un diseño típico de desbordamiento aguas abajo, el diseñador puede integrar uno o más orificios de flujo bajo en la pared del vertedero de flujo alto. La cresta del vertedero se establece como se describe anteriormente, pero tal vez se tengan que considerar las pérdidas hidráulicas desde la entrada a la cámara hasta la estructura de salida. Las pérdidas se pueden tomar en cuenta bajando la cresta del vertedero o aumentando el margen libre del recubrimiento.

Flotabilidad

ADS Mexicana no recomienda instalar sistemas impermeables por debajo del agua freática. Aunque por lo general el peso total de un sistema de cámara excede la fuerza flotación, podría ocasionarse una condición de estabilidad limitante, cuando la presión de flotación exceda la presión de resistencia directamente debajo de la cámara. Esto podría ocasionar un levantamiento de la base de grava debajo de la cámara, provocando inestabilidad.

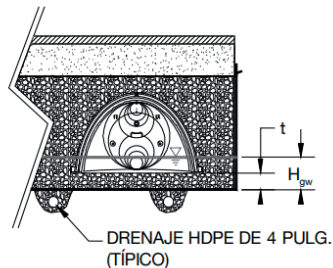


Para prevenir impactos adversos del agua freática, donde sea posible una descarga por gravedad, ADS Mexicana recomienda instalar un sistema de subdrenaje debajo del recubrimiento. Donde exista el potencial de una fuerza de flotación, ADS Mexicana recomienda un espesor suficiente en la base de grava, de tal manera que el peso de la piedra exceda la fuerza de flotación máxima.



El cálculo del espesor de la cama se simplifica si se ignora cualquier contribución estructural del recubrimiento y del material de refuerzo y se considera sólo el peso de la piedra en el área del encamado, la cual se localiza debajo de la cámara.

La relación entre el espesor del encamado y la elevación máxima permitida del agua freática es:



$$H_{gw} \times (62.4 \text{ lb / pie}^3) (Y_{\text{piedra}} \times t) / SF$$

Donde: H_{gw} = altura del agua freática por arriba de la parte inferior del recubrimiento (pulgadas)

Y_{piedra} = densidad a granel de la piedra de estratificación (lb / pie³)

t = espesor de la estratificación de piedra (pulgadas)

SF = factor de seguridad (1.5 es un mínimo típico)*

Opiniones de unión

1. Uniones prefabricadas contra hechas en el campo siempre que sea posible, las uniones prefabricadas son preferibles a las uniones en el campo en todos los materiales de recubrimiento.
2. Soldado con solvente, solo PVC, de bajo costo.
3. Soldado por calor costoso, requiere a alguien capacitado en uniones para todos los materiales de recubrimiento.
4. Pegado con cinta económico. Se recomienda la cinta M50-RC gris distribuida por Titus Industrial Group, de un solo lado, con 4 pulg. de ancho, para todos los materiales de recubrimiento. No se tienen datos si es impermeable al agua.
5. Empalmado, no es hermético al agua, no se tienen tasas de filtración, se sugiere un traslape de 4 pies (1.2 m) para todos los materiales.

Las botas de empotramiento se usan para sellar las uniones de tubería con la geomembrana, pueden ser prefabricadas en conjunto con la geomembrana o pueden ser fabricadas en campo por el contratista. Posteriormente las botas se cementan con solvente, se suelda por calor o se pega con cinta al recubrimiento. Normalmente se usa una abrazadera de tubo para sellar la funda alrededor del tubo. Para unir y sellar las botas de empotramiento a bajas temperaturas (a 32 °F [-1.7 °C] como mínimo) requieren que se precaliente el material.

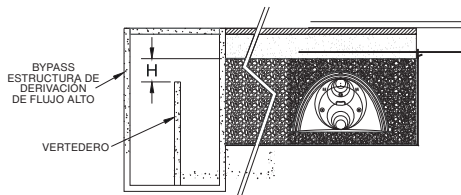
Diseño

El diseño de un sistema recubierto lo debe realizar el ingeniero consultor y, como mínimo, requiere conocimientos de diseño de almacenamiento, tasas de flujo y elevación máximos de agua freática según la estación. Esta información se usa para diseñar la estructura de control de flujo máximo, la altura máxima del recubrimiento y el control del agua freática (si fuera necesario).

Derivación del flujo alto Un control de flujo alto es un componente importante para cualquier sistema recubierto. El control de flujo alto está diseñado para pasar el flujo máximo mientras se asegura que no se rebase el recubrimiento. La estructura de control puede ser una derivación de flujo alto aguas arriba o una estructura para desbordamiento aguas abajo. En ambos casos, normalmente se usa un vertedero de flujo alto, muy similar al control de flujo alto en una estructura de control de salida de un estanque. El vertedero de flujo alto debe dimensionarse de tal manera que la elevación de la superficie del agua en la altura máxima del vertedero sea menor que el nivel superior del recubrimiento. Se debe suministrar margen libre adicional.

En un diseño típico de derivación aguas arriba, la profundidad calculada del flujo sobre el vertedero (H) se resta de la elevación máxima de la superficie del agua en el sistema de cámaras, para establecer la elevación de la cresta del vertedero. El almacenamiento en el sistema de cámaras relacionado con la elevación de la cresta del vertedero puede ser una restricción de diseño. El diseñador puede elegir si aumenta la longitud del vertedero y por lo tanto reduce la profundidad del flujo para establecer una cresta de vertedero más alta.

La ecuación para un vertedero rectangular es:



$$H = (Q / (C_d \times L))$$

Donde: Q= Flujo sobre el vertedero (cfs)

C_d = Coeficiente de descarga = 3.3

H= Profundidad de flujo sobre la cresta (pies)

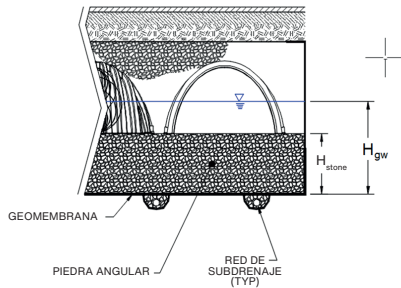
L= Longitud del vertedero (pies)

Nota Técnica #2

La densidad a granel de los materiales de estratificación de piedra de tamaño uniforme varía de unas 75 lb/pie a más de 100 lb/pie³. Sin información específica de la densidad a granel de la piedra que se use realmente, StormTech® recomienda usar no más de 75 lb/pie.

* El ingeniero consultor podría aplicar un factor de seguridad más alto o bajo.

Opción de incrementar espesor de base



$$H_{gw} \times (62.4 \text{ lb / pie}^3) (Y_{piedra} \times t) / SF$$

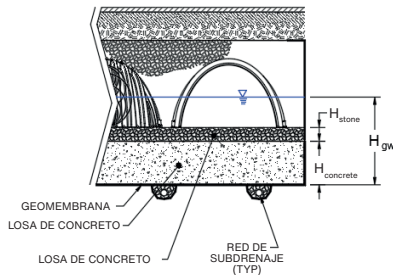
Donde: H_{gw} = altura del agua freática por arriba de la parte inferior del recubrimiento (pulgadas)

Y_{piedra} = densidad a granel de la piedra de estratificación (lb / pie³)

t = espesor de la estratificación de piedra (pulgadas)

SF = factor de seguridad (1.5 es un mínimo típico)*

Losa de concreto reforzado



Otra alternativa es diseñar una losa de concreto reforzado.

La losa debe ser diseñada para soportar las fuerzas de empuje del agua, así como de transferir las cargas vivas y muertas a las capas inferiores.

Instalación

La instalación debe realizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante del recubrimiento. Las asociaciones que representen materiales de membrana han desarrollado normas de instalación y otros documentos de apoyo para los materiales de recubrimiento respectivos. Si desea más información, visite sus sitios web.

- PVC Geomembrane Institute, Universidad de Illinois, web: <http://Pgi-tp.cee.uiuc.edu/forweb>
- "HDPE Geomembrane Installation Specification" (Especificación para instalar geomembrana HDPE), International Association of Geosynthetic Installers.

Revisada a febrero de 2000: <http://www.iagi.org/specifications.htm>

Los recubrimientos de PVC y PEBD no se deben instalar a temperaturas por debajo de 32 °F (0 °C) o en días con viento. El viento puede levantar el recubrimiento y ser un peligro extremo para los trabajadores. Siempre deben retirarse de la excavación las piedras y otras protuberancias. Se recomienda aplanar o compactar para eliminar cualquier protuberancia restante. Posteriormente se coloca en la excavación el geosintético no tejido, luego la membrana y después se coloca un refuerzo de geosintético sobre la membrana.

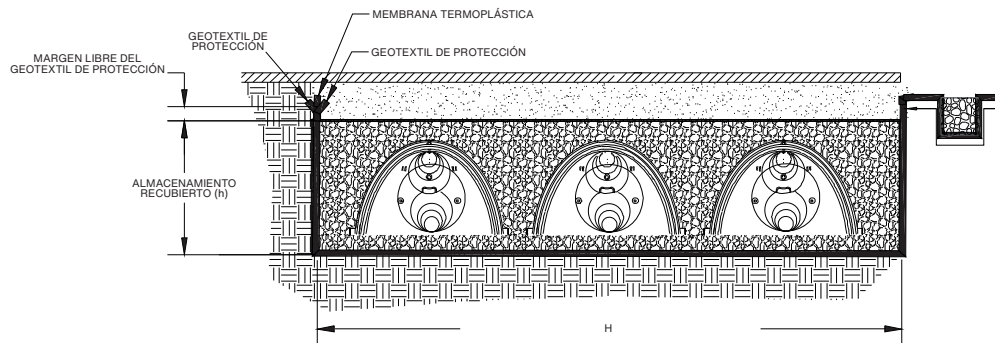
Nota Técnica #2

Recubrimientos termoplásticos para sistema de detención

NT 6.50

Los trabajadores sacuden los recubrimientos para sacar el aire atrapado bajo el recubrimiento o geomembrana y facilitar los desplazamientos de equipo y material. Por lo general las esquinas se forman doblando o "plegando" el exceso de material de recubrimiento.

Se puede excavar una "zanja ancla" aproximadamente de 30 cm (12 pulgadas) de fondo por 30 cm (12 pulgadas) de ancho alrededor de la parte superior de la excavación para anclar la parte superior de la tela de refuerzo y el recubrimiento termoplástico en la parte superior de la excavación. Las piedras se deben colocar con cuidado para evitar que se perforen por las caídas libres largas. De manera similar, se debe tener cuidado al esparcir y compactar la piedra de estratificación para prevenir que las piedras perforen el recubrimiento durante la construcción.



NOTA: Dimensionamiento y cuantificación de geomembrana

Tamaño de Panel= $W + 2(h + FB + AL)$ x $[L + 2(h + FB + AL)]$

Donde:

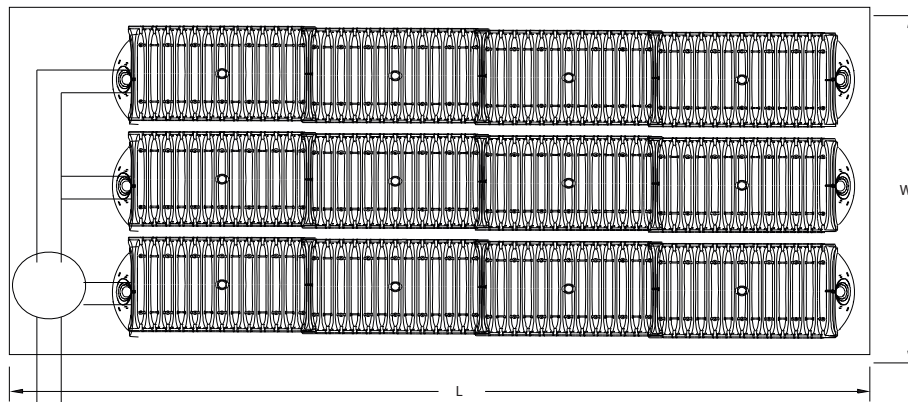
W= ancho del sistema, a partir del diagrama de distribución de StormTech®

L= longitud del sistema del diagrama de distribución de StormTech®

FB= margen libre con base en el criterio del ingeniero (típico: 15 cm [0.5 pies])

AL= longitud del ancla de la membrana y refuerzo para amarrar el material de la pared lateral durante la instalación y el relleno de las cámaras (típico: 1.2 m [4 pies])

También se debe de cuantificar las conexiones de tubería y sus diámetros por el proveedor.

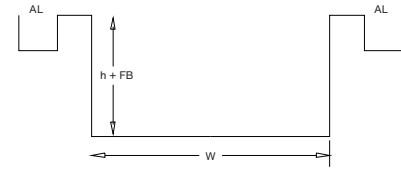
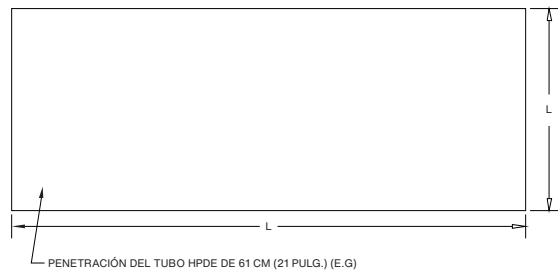


Nota Técnica #2

Recubrimientos termoplásticos para sistema de detención

NT 6.50

Estimación de la hoja de trabajo



$$\text{Tamaño del panel} = [W + 2(h + FB + AL)] \times [L + 2(h + FB + AL)]$$