

2 • Instalación

2.1 Trabajos de excavación

2.1.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno se puede realizar por:

- *Excavación del terreno natural*
- *Aporte de tierras para formar los taludes*
- *Excavar el fondo del estanque y utilizar estas tierras para formar los taludes*

En la tabla siguiente se mencionan las ventajas y desventajas de estos tres sistemas:

Sistema	Ventajas	Desventajas
Sólo excavación	<ul style="list-style-type: none">• poco movimiento del terreno (naturalmente consolidado)• coste bajo	<ul style="list-style-type: none">• evacuación del terreno excavado• problemas con el drenaje del agua
Alzado de taludes	<ul style="list-style-type: none">• el drenaje es más fácil• no hay problemas con los niveles freáticos	<ul style="list-style-type: none">• coste superior• necesita apisonado
Solución mixta	<ul style="list-style-type: none">• promedio de los dos sistemas	<ul style="list-style-type: none">• coste moderado

2.1.2 Preparación del soporte

Todos los terrenos que soportan las Geomembranas de Firestone deben estar compactados con un valor entre 85% y 95% del Proctor Optimum. La compactación se realiza por consolidación natural o por apisonado mecánico. En este último caso, el material se dispone en capas de 20 a 50 cm como máximo y el asentamiento se completa con un rodillo vibratorio o con apisonadora. La operación de compactado se acompaña de un tratamiento de desherbado del terreno.

La superficie del soporte no puede contener elementos cortantes con granulometría superior a 5 mm. Si el fondo del estanque se compone de materiales no perforantes, como arena o arcillas la Geomembrana se puede colocar directamente sobre dicha superficie. En la mayor parte de los casos es preciso instalar un geotextil, de por lo menos 300 gr/m².

2.1.3 Inspección de los trabajos de excavación

El contratista debe visitar el emplazamiento del proyecto para comprobar que los trabajos de excavación se han llevado a cabo correctamente. El acabado de la superficie se debe controlar y cada elemento perjudicial quitado o adaptado. Cualquier corrección se debe realizar antes de iniciar los trabajos de impermeabilización.

2.2 Instalación de la Geomembrana de Firestone

2.2.1 Transporte y almacenamiento

Hay que tomar las precauciones necesarias para no dañar la Geomembrana durante el transporte y durante las operaciones de carga y descarga. Los rollos se han de colocar encima de una superficie plana limpia y sin asperezas.

Las Geomembranas de Firestone no necesitan ninguna protección especial ante las inclemencias del tiempo. No obstante los accesorios se deben almacenar en un lugar seco y fresco (entre los 10 y 25 °C) y deben estar protegidos de las inclemencias del tiempo.

2.2.2 Plan de montaje

Si las condiciones particulares de la obra lo recomiendan el contratista deberá establecer un plan de montaje. Este plan se elaborará de acuerdo con los planos de ejecución e indicarán la posición de las juntas de las mantas. El emplazamiento de los paneles se hará de acuerdo con dicho despiece.

2.2.3 Colocación de la Geomembrana de Firestone

Los rollos se desenrollan y despliegan de acuerdo con el despiece planificado. La instalación empieza con el revestimiento de los taludes. Las mantas de Geomembrana se desenrollan desde la zanja hacia el talud y se fijan temporalmente para permitir que se deslicen libremente hacia abajo. Asegurarse de que ningún guijarro u objeto cortante se quede atrapado debajo de la Geomembrana, mientras se desenrollan las mantas.

Durante la instalación de las mantas, se deben evitar los grandes pliegues en el geotextil y perjudicar la superficie del soporte para permitir que la Geomembrana se pueda maniobrar correctamente. La membrana se debe levantar/aletear en el perímetro permitiendo que el aire entre debajo, para deslizar la Geomembrana sobre un cojín de aire.

El sobrante de la manta se puede dejar al pie del talud para conectarla con las mantas colindantes. Las uniones horizontales en los taludes se han de evitar tanto como sea posible.

Todas las Geomembranas deben reposar como mínimo 30-45 minutos antes de unir las juntas o efectuar las entregas.

2.2.4 Anclaje de la Geomembrana de Firestone

La Geomembrana se debe mantener en su lugar para evitar el deslizamiento sobre el talud y/o limitar el riesgo de levantamiento por el viento. Según sea el tipo de estanque, hay varios sistemas para fijar la Geomembrana:

- *En la cumbre del talud*
- *En una plataforma intermedia*
- *En el fondo*

Anclaje en coronación

El anclaje se realiza por enterramiento de la Geomembrana en una zanja o manteniéndola en su sitio por medio de un lastrado. Las dimensiones de la zanja dependen de las tensiones que se prevean. En un terreno coherente la sección mínima es de 40 cm x 40 cm. Además, esta sección varía en función de la longitud (L) de la Geomembrana entre dos anclajes, de la distancia entre un anclaje y el nivel de agua y en función de la velocidad del viento.

La Geomembrana debe tener un retorno de sobre el fondo de la balsa de 30 cm por lo menos.

Si se esperan importantes movimientos del terreno una vez lleno el estanque, se deben proporcionar anclajes temporales en la cumbre, para que la Geomembrana se pueda mover sin estar sujeta a una tensión excesiva. Inmediatamente se coloca un lastrado parcial en la zanja y el anclaje final se lleva a cabo en una etapa posterior.

El estanque se debe llenar antes de rellenar y compactar la zanja de anclaje. El relleno y la compactación de la zanja de anclaje se debe trabajar sin someter la membrana a tensiones o a que sufra un pinchazo.

Con el objeto de evitar movimientos y deslizamientos de la Geomembrana durante la instalación, se puede utilizar un lastrado temporal. Este lastrado también facilita las operaciones de unión de las juntas. Este lastrado puede consistir en sacos de arena, neumáticos viejos o tabloncillos de madera.

En la tabla siguiente observamos los valores de la sección de la zanja para un suelo arcilloso y compactado.

Longitud del talud (m)	Sección de la zanja (m ²)	
	Velocidad del viento débil o moderada (< 100 km/hr)	Velocidad del viento elevada (> 100 km/hr)
< 3	0,16	0,16
3 - 5	0,16	0,16
5 - 15	0,16	0,25
15 - 40	0,25	0,36
> 40	0,36	0,49

Es posible utilizar un lastrado como alternativa, si se toman las precauciones necesarias para que dicho lastrado no se deteriore con el tiempo.

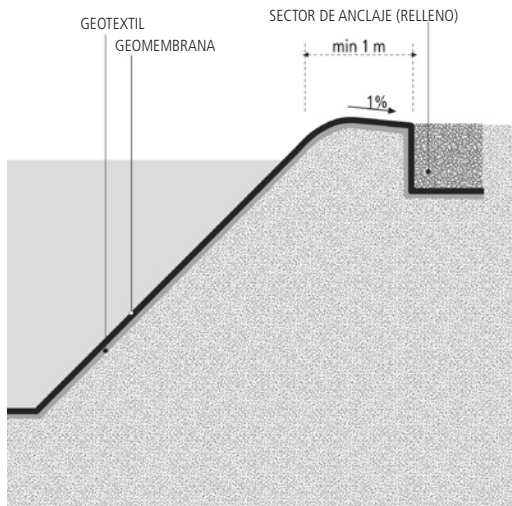


Fig. 6 : Anclaje en coronación con zanja

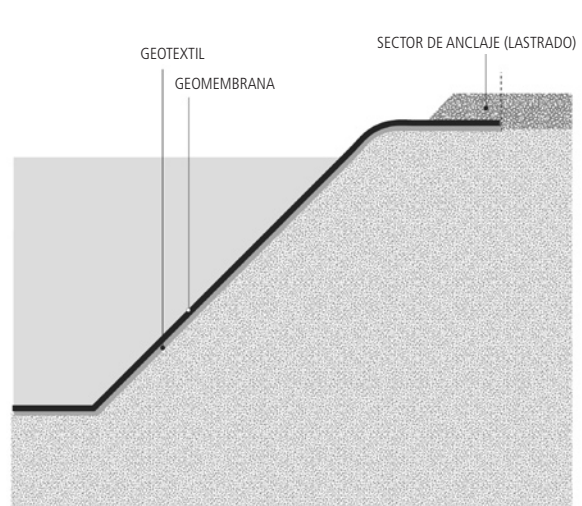


Fig. 7 : Anclaje en coronación con lastrado

Anclaje intermedio

En caso de taludes de altura considerable, puede ser necesario prever un anclaje intermedio para absorber los posibles movimientos de la Geomembrana. Este anclaje se puede realizar utilizando lastre o zanja de anclaje. Se puede añadir un rellano a la pendiente, con el objeto de no poner en peligro la estabilidad del talud.

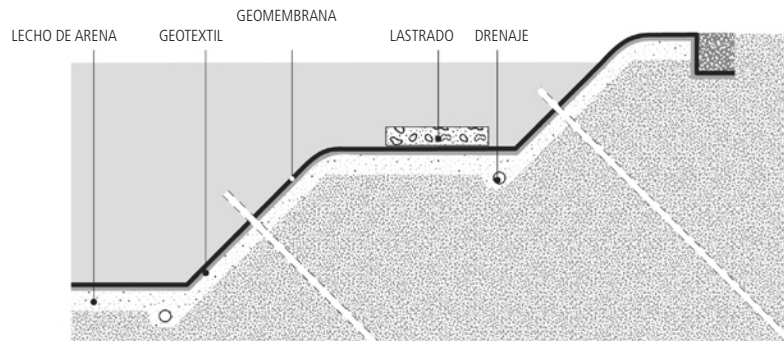


Fig. 8: Anclaje intermedio

Anclaje de fondo

En el caso de que el terreno natural del fondo del estanque sea suficientemente impermeable (arcilla, niveles geológicos impermeables,...) y para proporcionar una impermeabilización adecuada, es suficiente anclar la Geomembrana al fondo con lastre (ver fig. 9).

Otra solución práctica es la de excavar, al pie del talud, una zanja con una profundidad de 1 m. En el caso de que el nivel impermeable se encuentre a una profundidad considerable, se puede extender la Geomembrana en el fondo con una longitud suficiente para limitar la pérdida del estanque a una cantidad admisible (ver fig. 10).

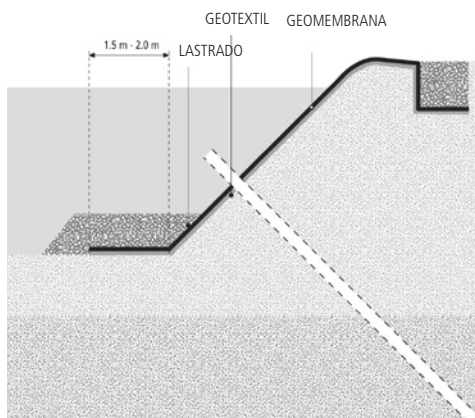


Fig. 9 : Anclaje de fondo con lastre

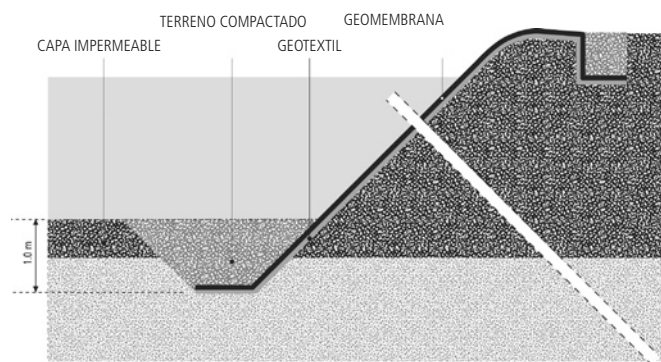


Fig. 10 : Anclaje de fondo con zanja

2.2.5 Unión de mantas de Geomembrana contiguas

La unión de dos mantas adyacentes se debería realizar inmediatamente después de haber dejado en reposo las Geomembranas.

Todas las mantas se deben instalar sin tensiones y sin arrugas importantes solapándose 15 cm como mínimo. Todas las uniones en pendiente deben seguir la dirección de arriba abajo de la pendiente. No están permitidas las juntas horizontales.

En terrenos blandos, debajo de la zona de la junta deberemos usar un tablero de madera, una placa aislante, o un panel laminado. Este panel se va moviendo por medio de una cuerda a medida que progresa el proceso de unión.

Procedimiento de unión

Dos Geomembranas que se solapan se unen por medio de una banda autoadhesiva. A continuación vemos las etapas para lograr una junta correcta.

1ª etapa: Colocación de la Geomembrana

- Colocar las dos Geomembranas con un solapo suficiente (± 20 cm).
- Vigilar que las mantas estén perfectamente planas y sin ninguna tensión.
- Utilizar un marcador para señalar en la manta inferior el emplazamiento exacto donde se aplicará la banda autoadhesiva.
- La marca ha de quedar situada entre 1 y 2 cm del borde de la manta superior y la repetiremos cada metro.

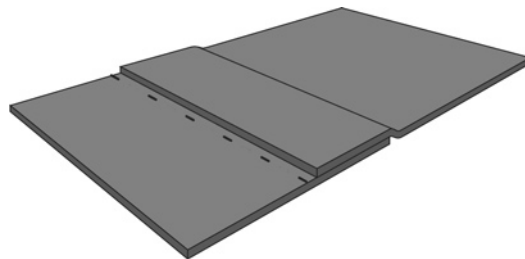


Fig. 11

2ª etapa: Preparar el solapo

- Replegar la manta superior sobre sí misma, en un ancho de 25 cm y fijarlo con unos toques de imprimación (QuickPrime) cada metro.
- En el caso que la Geomembrana esté manchada con barro o muy sucia, recomendamos un lavado previo de la zona de solapo, utilizando un trapo mojado en Splice Wash (líquido limpiador). Es preciso evitar todo contacto con el suelo con el fin de no contaminar la Geomembrana en la zona de la junta.

3ª etapa: aplicación de la imprimación QuickPrime

- Agitar a fondo la imprimación QuickPrime antes y durante su utilización, luego verter una pequeña cantidad (1,5 l) en un cubo pequeño. La imprimación se aplica con la almohadilla.
- Mojar la almohadilla aplicadora en la imprimación, cuidando de mantenerla siempre en posición horizontal y dejar escurrir las gotas.
- Aplicar la imprimación uniformemente sobre toda la longitud de la junta, con brazadas largas y regulares sobre ambas superficies, la cara inferior de la manta superior y la cara de arriba de la manta de abajo hasta que ambas superficies se vuelvan de color gris oscuro. Evitar refregones y manchones. Una aplicación de la almohadilla mojada de imprimación cubrirá una zona de alrededor de 1,00 m por un ancho de 10 cm (por una sola cara).
- Cambiar la almohadilla aplicadora cada 60 m o cuando la imprimación se ha secado sobre la almohadilla. Las almohadillas usadas se desechan al final de la jornada laboral.
- Se requiere una cantidad adicional en las juntas realizadas en fábrica, y en la intersección de dos juntas de obra y en las zonas cubiertas con adhesivo.
- Ambas caras de la junta se tratarán simultáneamente, con el fin de lograr el período de secado simultáneo.
- Probar el estado de la imprimación. Esperar que la imprimación esté lista para pegar. La imprimación debe estar totalmente seca (± 10 minutos) antes de instalar la banda autoadhesiva. Comprobar su secado tocando la superficie tratada con un dedo limpio y seco para estar seguro que no hace hilo. Cuando tocamos la imprimación se ha de presionar en ángulo la superficie tratada para asegurar que está seca en todo su espesor. Si queda alguna señal al levantar el dedo, la junta no está preparada para instalar la banda. El tiempo de secado varía dependiendo de las condiciones ambientales (humedad relativa, viento,...).

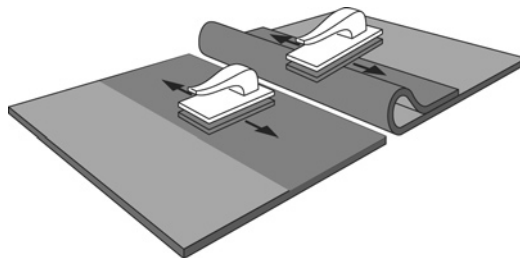


Fig. 12

4ª etapa: Instalar la banda autoadhesiva

- Aplicar la banda autoadhesiva (QuickSeam Splice Tape) – sin retirar el papel protector – sobre la manta inferior, alineando el borde del papel protector con las marcas.
- Inmediatamente presionar la banda con un rodillo manual de silicona de 10 cm de ancho.

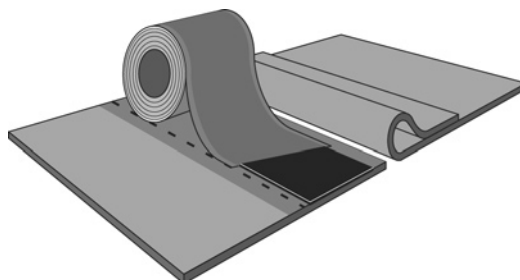


Fig. 13

5ª etapa: Comprobar la alineación de la banda

- Desprender la Geomembrana superior y cerrar la primera parte de la junta con ayuda de la mano. Para evitar la formación de arrugas se aconseja realizar un movimiento perpendicular a la misma (90°). La hoja superior debe caer sin arrugas ni tensiones sobre la hoja inferior. Dejar que la manta superior quede apoyada sobre el papel protector de la banda.
- Recortar la Geomembrana donde sea preciso para asegurar que al finalizar la junta quedarán a la vista de 10 a 15 mm de banda.

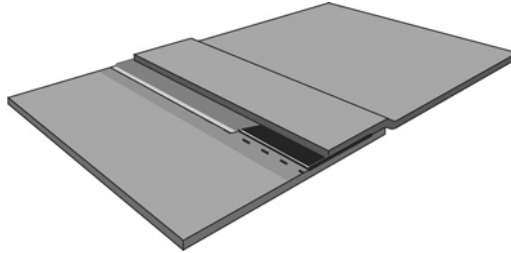


Fig. 14

6ª etapa: Retirar el papel protector

- Para quitar el papel protector de la banda, primero presionar la Geomembrana. Despegar el papel protector de la banda autoadhesiva estirando contra el peso de la manta inferior con un ángulo con la banda de 45° aproximadamente y en paralelo con la superficie de la base.
- Permita que la manta superior caiga libremente sobre la banda autoadhesiva vista. Presionar sobre toda la longitud de la junta tan pronto hayamos retirado todo el papel.

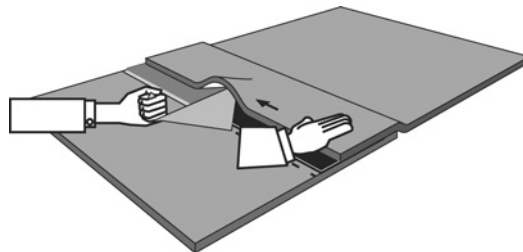


Fig. 15

7ª etapa: Cerrado de la junta

- Finalmente, presionar con la ayuda de un rodillo de caucho siliconado, en primer lugar perpendicularmente a la junta y seguidamente a lo largo de toda la longitud de la junta.

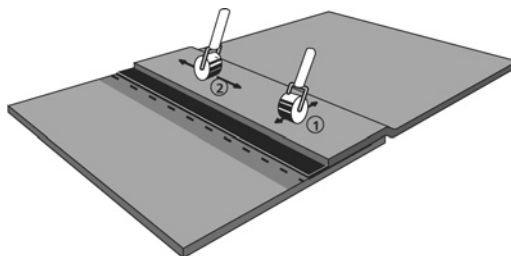


Fig. 16

- La junta terminada se ha de ver así:

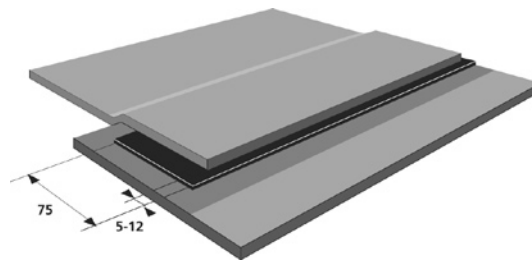


Fig. 17

Requieren una atención especial:

- Cuando la junta es más larga que la banda autoadhesiva, la unión de las dos bandas autoadhesivas se realizará con un solapo de 25 mm, como mínimo. Aplicar un refuerzo de FormFlash (22,5 x 20 cm) sobre esta zona de la junta.
- Cuando varias Geomembranas se encuentran en un punto común, no se pueden superponer más de tres mantas como máximo. Aplicar un refuerzo de FormFlash de (20 x 20 cm) sobre esta zona de unión.
- Aplicar una pieza de FormFlash de (20 x 20 cm) sobre la zona cuando una junta de obra cambia de la base horizontal a la pendiente del talud, como se ve abajo.

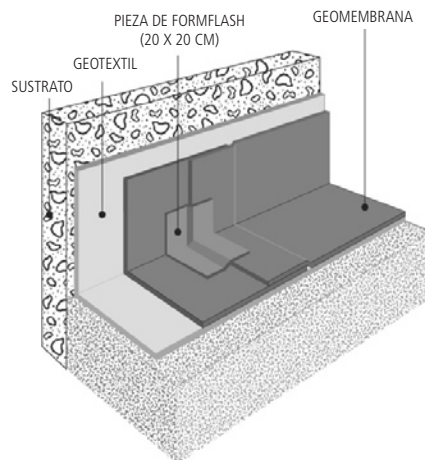


Fig. 18 : Refuerzo en junta vertical

- Cuando la Geomembrana está contaminada (lodo, etc.) limpiar la zona de solapo con Splice Wash antes de aplicar la imprimación QuickPrime.
- Cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables (humedad, condensaciones sobre la imprimación, lluvia, etc.) hay que detener la aplicación de la banda autoadhesiva (QuickSeam Splice Tape).
- Se debe evitar todo movimiento de la Geomembrana durante la aplicación de la banda autoadhesiva y durante los primeros minutos después de la instalación.
- No está permitido extender más mantas de las que se puedan unir durante toda la jornada.
- Las uniones en obra deben correr paralelas con la pendiente p.e. de arriba abajo del talud. Las juntas horizontales en los taludes no están permitidas.

2.2.6 Protección de la Geomembrana de Firestone

Bajo ciertas condiciones, puede ser indispensable una protección de la Geomembrana. En la tabla siguiente pueden encontrar algunas recomendaciones para la protección de la Geomembrana contra toda agresión exterior.

Proteccion contra	Precauciones
Viento	<ul style="list-style-type: none"> • lastrado de fondo y/o de los taludes (en caso de vaciado temporal) • ajuste de la zanja de anclaje
Olas	<ul style="list-style-type: none"> • protección mecánica de los taludes en función de la pendiente (recubrimiento con piedras, losas de hormigón, hormigón en masa,...)
Cuerpos flotantes (maderos, embarcaciones,..)	<ul style="list-style-type: none"> • balsas pequeñas: limpieza • obras grandes: protección de los taludes
Hielo	<ul style="list-style-type: none"> • protección mecánica del talud
Animales (roedores)	<ul style="list-style-type: none"> • escaleras • valla alrededor del estanque • protección mecánica de los taludes
Maquinaria de manutención	<ul style="list-style-type: none"> • protección de la Geomembrana por un lecho de arena (mín. 20 cm.) • rampa de acceso
Turbulencias localizadas donde el agua tiene una velocidad >1m/sec. (agitador interno o canales)	<ul style="list-style-type: none"> • protección pesada con lastrado

La protección de la Geomembrana se puede realizar de las formas siguientes:

Fondo de la balsa:

- **Lecho de arena** (espesor mín.: 20 cm): no requiere protección con geotextil
- **Gravas** (espesor mín.: 20 cm): requiere protección con geotextil
- **Materiales prefabricados** (pavimentos): requiere protección con geotextil

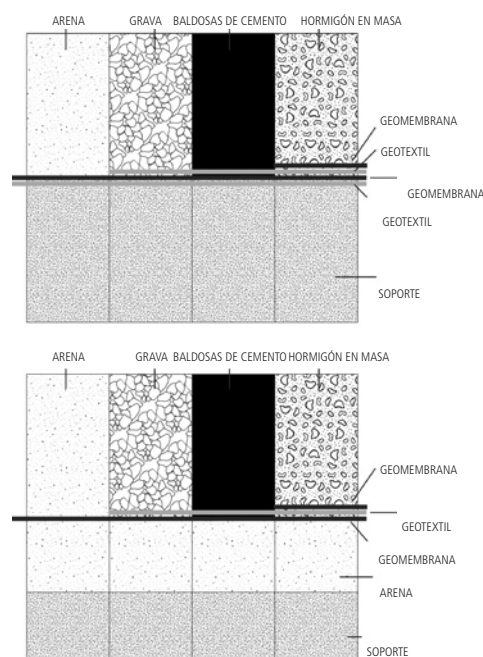


Fig. 19 : Protección de la Geomembrana

Taludes:

- **Recubrimiento con piedras:** Esta solución es válida para pendientes de hasta 3/1. Se precisa una capa de transición (geotextil + lecho de arena) de un espesor mínimo de 20 cm. El recubrimiento con piedras depende del nivel de las fuerzas impactantes como el oleaje.
- **Baldosas prefabricadas:** se precisan medidas de estabilidad para las baldosas y además la instalación de un geotextil o una capa extra de Geomembrana al pie del talud.
- **Losa de hormigón en masa:** se precisan medidas de estabilidad y la instalación de un geotextil o una capa extra de Geomembrana al pie del talud.

2.3 Puntos singulares

2.3.1 General

En todos los casos donde sea posible se aconseja no cortar la Geomembrana en los puntos singulares. En algunos casos, no obstante, como en el recubrimiento de una esquina en una pared de hormigón, o en la conexión a tuberías, un corte en la Geomembrana simplificará la instalación. En estos casos, se usará FormFlash - una banda no vulcanizada - y adherida con Splice Adhesive (adhesivo de solapo) con el objeto de obtener una unión hermética con el punto singular.

2.3.2 Entrega a estructuras de hormigón

En las entregas de la Geomembrana a obra de hormigón o fábrica de albañilería deben respetar las siguientes reglas:

- El terreno alrededor del hormigón debe estar compactado.
- Las superficies de conexión deben ser lisas, estar limpias y secas y no deben presentar protuberancias puntiagudas.
- La Geomembrana se adhiere totalmente a los muros utilizando el Bonding Adhesive (adhesivo de soporte). Asegurarse que la manta este colocada en su posición final y doblarla uniformemente sobre sí misma para exponer la cara inferior. Limpiar de cualquier suciedad o polvo el revés de la Geomembrana y el muro antes de la aplicación del adhesivo. Agitar el Bonding Adhesive a fondo antes y durante su utilización. Aplicar Bonding Adhesive simultáneamente, a la parte inferior de la manta y al sustrato contra el que se vaya a adherir, de modo que sequen al mismo tiempo. Utilizar un rodillo de pintor resistente a los disolventes de cerda corta para aplicar una capa de adhesivo delgada y uniforme. Tener cuidado en no aplicar Bonding Adhesive sobre una zona de Geomembrana que se tenga que unir a otra manta o a una banda no vulcanizada. Esperar que el adhesivo evapore los disolventes hasta alcanzar el punto de secado. Seguir el mismo método de control tal y como se indica en el apartado de la unión de la junta. Empezando desde el pliegue, deslizar lentamente la parte de la Geomembrana embadurnada sobre la zona embadurnada del soporte, trabajar uniformemente par evitar la presencia de arrugas. Presionar la manta adherida con una escoba dura para asegurar la completa unión de la entrega.
- La Geomembrana se fija en el cabezal utilizando Termination Bars (barras de anclaje final) y tornillos adaptados al hormigón (clavija cada 20 cm). Colocar Water Block (sellante de soporte) entre la membrana y el muro, tal como se indica debajo. La Termination Bar se debe instalar por encima del nivel máximo del agua. Para el sellado superior de la barra se utiliza Lap Sealant (sellante de solapo).

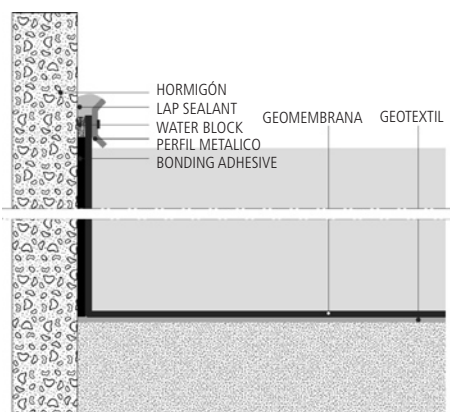


Fig. 20 : Entrega a hormigón y albañilería

2.3.3 Entrega a tuberías

La entrega sobre grandes tuberías y/o canalizaciones se realiza con bandas de caucho no vulcanizado, FormFlash de la forma siguiente:

- La canalización debe estar anclada sólidamente y su temperatura no debe sobrepasar los 80 °C.
- Cortar un agujero en la manta, que mida aproximadamente la mitad del diámetro de la canalización.
- Pasar la Geomembrana por la canalización.
- La canalización y la manta de Geomembrana se sellan por medio de una pieza de FormFlash.
- Finalmente, la unión se asegura mecánicamente con una brida.

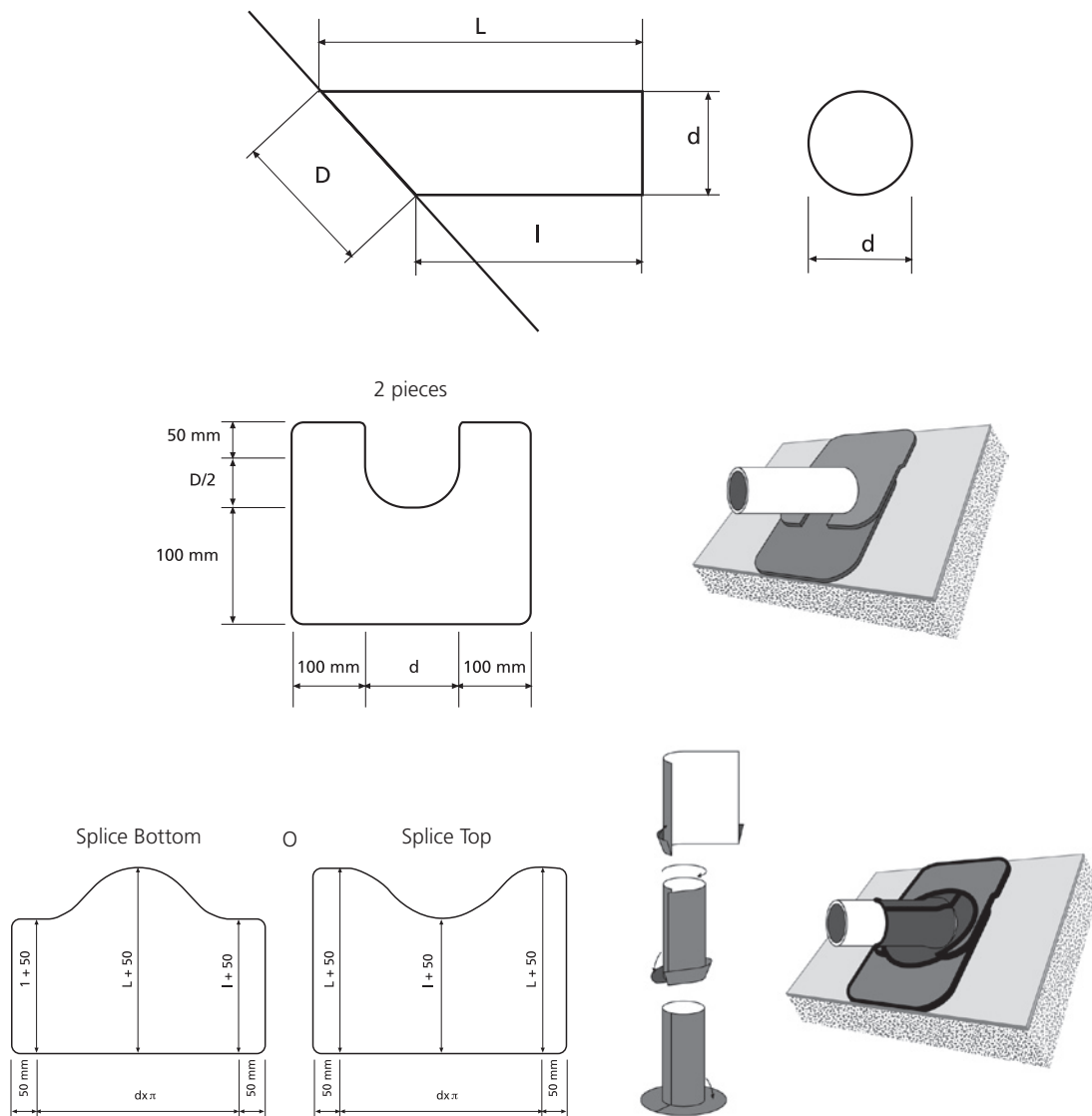


Fig. 21 : Sellado de tubería

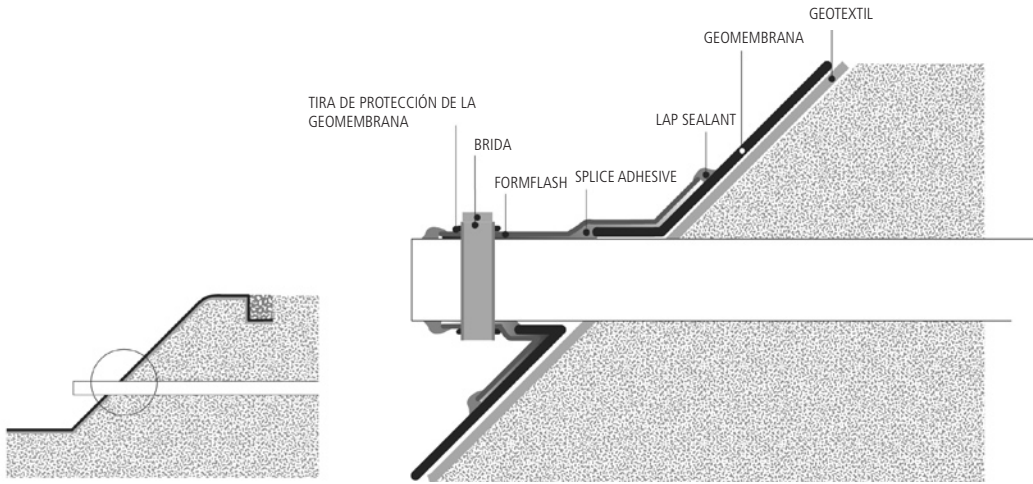


Fig. 22 : Conexión alrededor de una tubería

2.3.4 Desagües

Recomendamos que alrededor de un desagüe se coloque una base de hormigón por debajo de la membrana. La Geomembrana se ancla mecánicamente con un sistema de brida y pletina o con la introducción de un desagüe prefabricado (caucho, PVC, plomo,...) anclado mecánicamente a la base de hormigón. Aplicar un sellador impermeable (Water Block) entre la Geomembrana y el hormigón, tal y como se muestra en los croquis, antes de fijar el sistema de sujeción o de introducir la pieza prefabricada. Si elegimos el método de introducir una pieza, utilizar FormFlash para sellar este punto singular

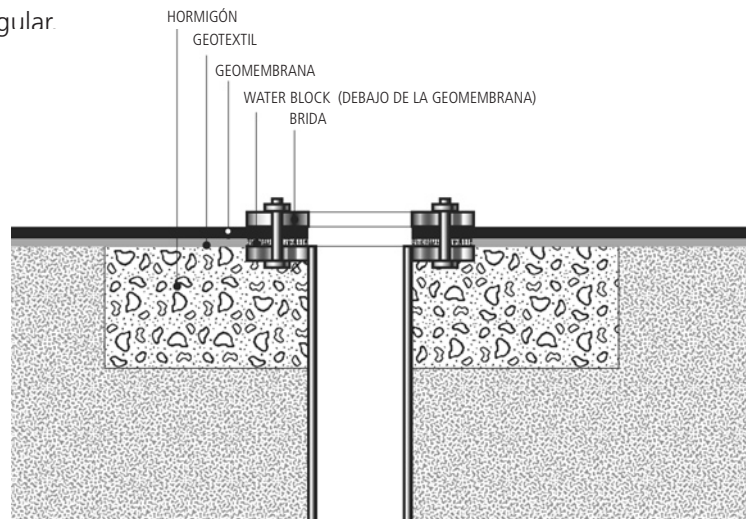


Fig. 23 : Desagüe con brida y pletina

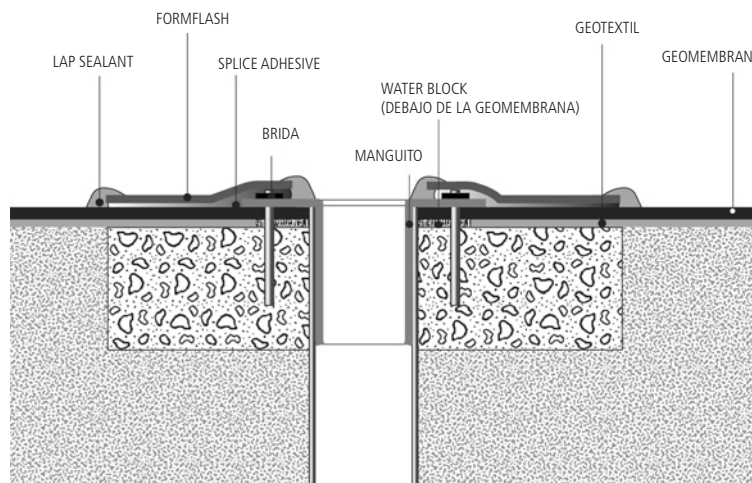


Fig. 24 : Desagüe con manguito

2.3.5 Esquinas

En la mayoría de los casos, el sobrante de Geomembrana en las esquinas, se pliega. No obstante, si nos encontramos con muros de hormigón u obra en uno o ambos laterales, es preciso cortar el exceso de Geomembrana para facilitar la adhesión total a los paramentos verticales. En esta situación, la esquina se ha de sellar con FormFlash como se ilustra debajo.

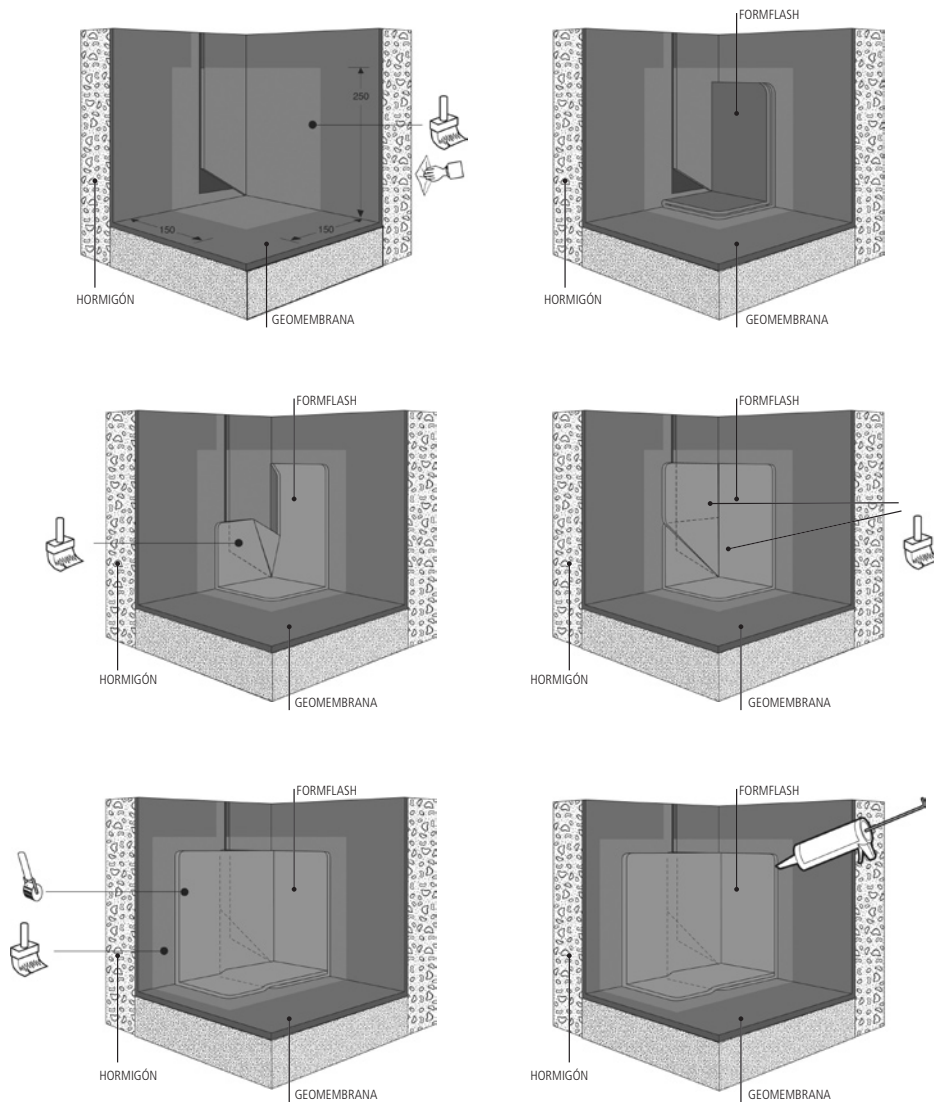


Fig. 25 : Esquina interior

Las esquinas exteriores se sellan utilizando FormFlash como se muestra debajo:

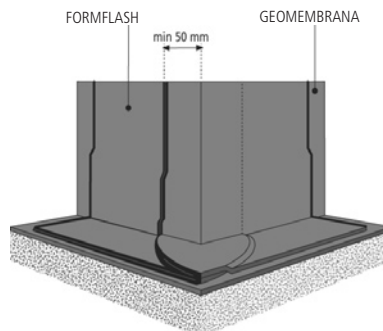


Fig. 26 : Esquina exterior

2.4 Varios

2.4.1 Procedimientos de reparación

Un desgarro o un agujero en la Geomembrana se pueden reparar por medio de una pieza de la misma membrana o de FormFlash que cubra el desgarro en todas direcciones con un solapo de 15 cm, como mínimo. La pieza de la reparación se encolará a la Geomembrana utilizando Splice Adhesive (adhesivo de solapo) tal como sigue:

- Es preciso limpiar previamente la zona deteriorada fregando con un trapo empapado en Splice Wash (líquido limpiador) para quitar todo el barro y cualquier contaminante que pudiera afectar al adhesivo. La limpieza es correcta cuando la superficie de la membrana es de color gris oscuro sin lametones.
- Una vez seca, aplicar una capa de Splice Adhesive con la ayuda de una brocha sobre ambas superficies (membrana y parche). Cuando el adhesivo haya secado encarar las dos superficies. Presionar el parche con la ayuda de un rodillo de caucho siliconado.
- Finalmente, aplicar Lap Sealant para proteger los cantos vistos, tal y como se expone en la sección de juntas.

2.4.2 Mantenimiento

Es recomendable una inspección anual de la instalación para detectar cualquier problema que pudiera perjudicar la durabilidad del sistema. Este proceso de inspección limitará los costes si ocurre algún percañe.

Recomendaciones:

- Controlar visualmente la Geomembrana, las juntas, los solapos y los anclajes
- Medir la proporción del caudal de fuga y supervisar el nivel del agua
- Controlar todos los respiraderos del drenaje de gases
- Evitar todo desbordamiento del estanque
- Controlar la composición química y la temperatura de los líquidos que van a estar en contacto con la Geomembrana.
- Controlar la protección de la Geomembrana, si la hubiera

2.4.3 Seguridad

Es preciso tomar ciertas precauciones específicas para garantizar la seguridad de personas y animales en el lugar, especialmente cuando el estanque se ha instalado cerca de viviendas o de instalaciones turísticas.

Se deben tomar las siguientes precauciones:

- Escalera o cuerda para remonte
- Taludes de baja pendiente (inferior a 3/1)
- Plataformas intermedias en lugares con estanques de profundidad limitada
- Prever un cerramiento alrededor de la obra (obligatorio en España)