

1. INTRODUCCION	3
1.1. Ámbito de trabajo	3
1.2. Productos RENOLIT	3
1.3. Requisitos de los materiales de impermeabilización	4
1.3.1. Estanqueidad	4
1.3.2. Flexibilidad	4
1.3.3. Resistencia química	4
1.3.4. Compatibilidad con el agua potable	4
1.3.5. Geografía	4
2. GEOMEMBRANAS RENOLIT	5
2.1. Geomembranas RENOLIT ALKORPLAN	5
2.1.1. Referencias de Geomembranas RENOLIT ALKORPLAN	5
2.1.2. Propiedades	5
2.1.3. Características	6
2.2. Geomembranas RENOLIT ALKORTOP	6
2.2.1. Referencias de Geomembranas RENOLIT ALKORTOP	6
2.2.2. Propiedades	6
2.2.3. Características	6
2.3. Geomembranas RENOLIT ALKORTENE	6
2.3.1. Referencias de Geomembranas RENOLIT ALKORTENE	6
2.3.2. Propiedades	7
2.3.3. Características	7
2.4. Accesorios	7
2.5. RENOLIT Producción	8
2.6. Geomembrana recomendada	8
3. INSTALACION DE LA MEMBRANA	9
3.1. Concepto del Sistema de Impermeabilización	9
3.2. Preparación del soporte	9
3.2.1. Calidad del terreno	9
3.2.2. Geometría	11
3.2.2.1. Fondo	11
3.2.2.2. Pendiente o talud	11
3.2.2.3. Parte Superior / Coronamiento	12
3.2.3. Drenaje	12
3.2.3.1. Drenaje de gas (en caso de que sea necesario)	12
3.2.3.2. Drenaje de agua	13
3.2.3.3. Colectores y salidas	13
3.2.3.4. Dimensionamiento de drenaje	13
3.2.4. Sustrato	14
3.3. Instalación de la capa de impermeabilización	15
3.3.1. Concepto de la capa de impermeabilización	15
3.3.2. Instalación del geotextil	16

3.3.3.	Instalación de las geomembranas	16
3.3.3.1.	Prefabricación de paneles	16
3.3.3.2.	Montaje de los paneles	17
3.3.3.3.	Instalación a pie de obra	17
a.	Colocación de la geomembrana	17
b.	Acción del viento	19
3.3.4.	Anclaje del sistema de impermeabilización en la cresta de la construcción	19
3.3.5.	Fijación intermedia del sistema de estanqueidad	20
3.3.6.	Anclaje del sistema de impermeabilización en la parte inferior de la balsa ...	20
3.3.7.	Anclaje en combinación con una superficie de hormigón	21
3.3.8.	Sistema de ventilación	21
3.4.	Protección del sistema de impermeabilización	22
3.4.1.	Protección con granulados	22
3.4.2.	Protección con hormigón:	24
4.	CONSTRUCCION, CALIDAD, CONTROL MANUAL	25
4.1.	Entrega de Material	25
4.2.	Instalación de la Geomembrana	25
4.2.2	Identificación	25
4.2.3	Colocación de los paneles en la obra	26
4.2.3.1	Condiciones climáticas	26
4.2.3.2	Localización	26
4.2.3.3	Reparación de daños	26
4.2.4	Soldadura de la Geomembrana a pie de obra	26
4.2.4.1	Personal	26
4.2.4.2	Material	26
a)	Soldadura en prefabricación	26
b)	Soldadura en el campo con una maquina de soldar de aire caliente	26
c)	Soldadura manual	26
4.2.5	Preparación de las soldaduras	27
4.2.6	Prueba de soldadura	27
4.2.7	Procedimiento de control de las muestras	28
4.2.8	Documentación de las soldaduras	28
4.3	Pruebas de las soldaduras – Geomembranas	28
4.3.1.	Control de soldaduras hechas en prefabricación	28
4.3.1.1	Dobles soldaduras	28
4.3.1.2	Soldaduras simples	29
4.3.2	Control de las soldaduras simples in situ a través de la presión de aire	29
4.3.3	Control de soldadura manual	29
4.3.4	Reparación de las fugas detectadas	29
4.3.5	Ensayos destructivos (test de pelado)	29
5	CONCLUSION	31

1. INTRODUCCION

1.1. Ámbito de trabajo

La reserva estimada de agua es de 1.500 millones de m³, pero sólo el 0,3% es agua corriente. El 97,3% del agua es salada, el 2,15% aparece como agua ligada polar o glaciario, y el 0,65% es agua subterránea. Alrededor de 12 millones de personas mueren cada año debido a la falta de agua potable.

Estas cifras son una clara señal que nos dice, que es hora de actuar. Demasiada agua se desperdicia y se contamina sin razón, agua que podría salvar vidas humanas.

Un método muy eficaz para conservar el agua es la construcción de embalses o balsas de agua para usos múltiples. Además de ser una reserva de agua y otros líquidos, también se puede utilizar para la obtención energía eléctrica. El agua puede ser utilizada como agua potable o agua para riego, a todos los efectos salvan vidas.

Este tipo de construcciones son frecuentemente construidas en zonas de tierra porosa. El agua puede desaparecer a través de la tierra, a través de las paredes laterales y en el caso de los lagos de almacenamiento a través de la presa.

Existen soluciones técnicas para evitar la pérdida de agua. Un método muy eficaz es la instalación de membranas impermeabilizantes. Existen diferentes posibilidades para utilizar tales membranas. Para este sector la membrana más idónea es la lámina termoplástica. Las más conocidas son las de PVC-P, PP y PE en diferentes densidades y espesores.

1.2. Productos RENOLIT

RENOLIT presenta una amplia oferta de láminas de plástico adecuadas para llevar a cabo la impermeabilización de las cuencas hidrográficas y proyectos similares:

- o RENOLIT ALKORPLAN PVC-P (geomembrana)
- o RENOLIT ALKORTENE PE (geomembrana)
- o RENOLIT ALKORTOP PP (geomembrana)

Los siguientes tipos de proyectos pueden llevarse a cabo con los productos anteriormente mencionados:

- o embalses de riego
- o lagos artificiales
- o balsas para la lucha de incendios

- o depósitos de agua potable
- o vertederos de desechos de diferentes residuos (impermeabilización básica, así como la cobertura)
- o canales
- o balsas de retención para todo tipo de líquidos (agua de lluvia, productos químicos y similares)
- o cubiertas flotantes
- o presas

1.3. Requisitos de los materiales de impermeabilización

La calidad de la impermeabilización depende de:

- o la elección de la geomembrana
- o sistema de impermeabilización, incluida la preparación del terreno
- o como de llevar a cabo el trabajo (suelo, drenaje, sistema de impermeabilización y protección).

1.3.1. Estanqueidad

Depende de la definición de la geomembrana (grupo de productos, espesores) con el fin de resistir todas las influencias (presión, estado del suelo, etc.).

1.3.2. Flexibilidad

Esta pregunta tiene que ser tomada en cuenta durante el proyecto.

La membrana tiene que ser elegida dependiendo de la forma, los ángulos y los asentamientos de la construcción.

1.3.3. Resistencia química

La impermeabilización tiene que ser resistente a la influencia química de:

- El material almacenado
- Creciente contaminación del suelo debido a los niveles cambiantes del agua de la capa freática.

1.3.4. Compatibilidad con el agua potable

En el caso de que la membrana de impermeabilización tenga que estar en contacto con el agua potable, la misma debe cumplir con las normas nacionales vigentes.

1.3.5. Geografía

Los sistemas de impermeabilización descritos son los más adecuados para todas las regiones geográficas y zonas climáticas. En cualquier caso, se recomienda solicitar la asesoría técnica al equipo técnico de RENOLIT, como cuestiones relativas a la elección de materiales, la radiación UV, oleajes, efecto del viento o las bajas temperaturas.

2. GEOMEMBRANAS RENOLIT

2.1. Geomembranas RENOLIT ALKORPLAN

El RENOLIT ALKORPLAN tipo representa a todas las geomembranas flexibles, homogéneas o reforzadas de PVC-P.

2.1.1. Referencias de Geomembranas RENOLIT ALKORPLAN

- 35052, geomembrana para agua potable. Color gris claro o gris oscuro. Homogénea o reforzada con protección contra la radiación UV.
- 3515, geomembrana homogénea para agua potable, sin ftalatos, de color blanco.
- 35254 geomembrana PSE, reforzada para presas, cubiertas flotantes y obras hidráulicas. En color gris claro o gris oscuro, con protección contra la radiación UV.
- 35053, geomembrana para obras hidráulicas. Color gris claro o gris oscuro. Homogénea, sin protección contra la radiación UV.
- 35054 / 35254, geomembrana para obras hidráulicas. Color gris claro o gris oscuro. Homogénea con protección contra la radiación UV.
- 02339 geomembrana para obras hidráulicas, homogénea con protección contra los rayos UV. Gris oscuro o negro.
- 35038, geomembrana resistente a las influencias temporales de los carbonatos de energía hidráulica (hidrocarburos), se puede aplicar directamente en contacto con el asfalto (no es resistente a los rayos UV). Negro.

Estas referencias también se pueden producir con:

- Refuerzo (malla de poliéster o fibras de vidrio).
- Filtro geotextil doblado con PES (poliéster) o PP (polipropileno).
Las características mecánicas pueden cambiar debido a la consolidación y / o al doblado con el geotextil.

2.1.2. Propiedades

Geomembranas RENOLIT ALKORPLAN. Son membranas de PVC-P flexible, calandradas o extrusionadas, enrolladas, con un ancho de 2,05 m.

- Después de la elongación bajo tensión, el PVC-P es capaz de relajarse y adaptarse al terreno.
- Alto rendimiento sobre la deformación bi-direccional debido a su elasticidad (> 170%).
- Elevada resistencia a los punzonamientos hidrostáticos (> 950 kPa / mm).
- Resistencia a la perforación.
- Buena resistencia frente a productos químicos como las bases de los ácidos y sales, el envejecimiento, las raíces y las influencias ambientales.
- Las geomembranas de PVC-P resisten el contacto permanente de los niveles de pH entre 2 y 10.
- Las geomembranas sin protección UV pueden resistir un mes en exposición directa a la radiación UV, sin perder sus características mecánicas.

Las geomembranas con protección a los rayos UV, pueden ser utilizadas para su exposición permanente.

- Excelente capacidad de soldadura, ya sea con un soldador manual de aire caliente, (tipo Triac) o máquina automática (tipo cuña caliente y / o aire caliente), incluso después de muchos años de uso, conservando un elevado rango de la temperatura y velocidad.
- Dilatación térmica limitada: $1.5 \cdot 10^{-4}$ cm / cm / °C
- Gran ángulo de fricción (+ - 28°).

2.1.3. Características

Ver fichas técnicas.

2.2. Geomembranas RENOLIT ALKORTOP

Este tipo de geomembrana esta hecha de polipropileno flexible.

2.2.1. Referencias de Geomembranas RENOLIT ALKORTOP

- 03550, geomembrana homogénea, negra, fabricada por extrusión, 5,80 m de ancho.
- 35080, geomembrana homogénea, gris, fabricada por calandrado, 2,05 m de ancho.
- 03586, geomembrana reforzada con malla de poliéster, gris, fabricada por calandrado, 2,05 m de ancho
- 35089, geocompuesto con poliéster, color gris, fabricada por calandrado, 2,05 m de ancho

2.2.2. Propiedades

Geomembranas realizadas de PP flexible, homogéneas o reforzadas.

- FPP es menos flexible que el PVC-P.
- Se observa un limite de elasticidad después de la elongación en algunos de los materiales (+ -40%).
- Las geomembranas homogéneas muestran un buen rendimiento sobre la deformación bi-direccional debido a su relativa flexibilidad, especialmente a bajas temperaturas.
- Buena resistencia química.
- Resistencia media al punzonado hidráulico (600 kPa / mm).
- FPP se puede soldar con aire caliente ya sea con máquinas automáticas de cuña caliente o soldador manual de aire caliente, con un estrecho rango de temperatura.

2.2.3. Características

Ver fichas técnicas.

2.3. Geomembranas RENOLIT ALKORTENE

Este tipo de geomembrana está hecho de polietileno (PE)

2.3.1. Referencias de Geomembranas RENOLIT ALKORTENE

- 00251, geomembrana HDPE, negra

- 00274, geomembrana LDPE, negra

2.3.2. Propiedades

Geomembranas fabricadas en PE, extrusionadas y en color negras.

- Elevada resistencia contra la influencia de sustancias químicas, especialmente carbonatos hidráulicos, ácidos y bases.
- Baja resistencia contra el oxígeno activo.
- La capacidad de deformación se reduce debido a su poca flexibilidad, especialmente en superficies irregulares y rugosas.

Para iniciar una elongación del material, se tiene que aplicar una gran fuerza debido a su rigidez. Después de un alargamiento de aproximadamente 8% (en una dirección) se alcanza el punto de rendimiento y el material comienza a fluir. La elongación ocurre en el punto más débil del material hasta que se rompe. Durante su estado de fluidez el polietileno de alta densidad es muy sensible a cualquier influencia mecánica.

- Resistencia media al punzonado hidráulico (675 kPa / mm).
- Angulo de fricción pobre (+ - 18 °)
- Elevada dilatación térmica (+ - 2.6 4.10 cm / cm / ° C)
- PE-HD tiene que ser soldado por aire caliente o con máquinas de soldadura con cuña de gran presión. Los puntos singulares tienen que ser soldados por extrusión con aporte de material. No es posible soldar este material con soldador manual de aire caliente.

2.3.3. Características

Ver fichas técnicas.

2.4. Accesorios

Las geomembranas son la parte más importante de un sistema de impermeabilización. Para que funcione de forma correcta diferentes accesorios complementan todo el sistema, dependiendo del tipo de construcción que se vaya a impermeabilizar. Todos los accesorios tienen que ser compatibles con la geomembrana a instalar.

Los siguientes accesorios son parte del sistema:

o capa protectora (geotextil, laminas de plástico fabricadas con regenerados y similares)

o capa de drenaje (todo tipo de geo-redes)

o elementos de fijación (chapa laminada, water stop, placas de metal inoxidable, anclajes, etc)

2.5. RENOLIT Producción

El proceso completo de producción, incluyendo la gestión y la compra de materias primas tiene que ajustarse a las exigencias de la ISO 9001.

El control de la producción se inicia con el suministro de la materia prima antes de pasar al laboratorio encargado de la mezcla del compuesto, y luego continuara a través de la producción, el departamento de logística, y también por el equipo de gestión.

Después de pasar por la unidad de mezcla y fusión del compuesto, se transporta hasta la calandra o la unidad de extrusión, pasando en el primer caso la membrana por los numerosos tambores de la calandra, controlado por diferentes dispositivos electrónicos ya sea tanto para el espesor, el calor o la velocidad. Para finalizar se extrae la membrana y se enrolla.

La producción de las geomembranas para los depósitos de agua potable tienen que llevarse a cabo bajo gran control. La unidad de mezcla tiene que ser completamente vaciada y limpiada de los restos de las recientes producciones, a fin de no influir en la calidad de la lámina.

Una membrana reforzada se produce en maquinas de laminado donde la malla de poliéster se introduce entre dos capas de láminas. Tanto el calor como la presión exacta, son importantes para recibir un laminado perfecto entre las 2 capas de láminas y la malla de poliéster.

2.6. Geomembrana recomendada

El grupo RENOLIT tiene diferentes tipos de geomembranas, es decir que para cada aplicación existe el producto adecuado. Las membranas de los embalses pueden ser de PVC-P, LDPE y PP - con refuerzo, o con geotextiles de PES (poliéster) o PP (polipropileno).

La experiencia del pasado ha demostrado que el PVC-P es el producto más adecuado con referencia a las características mecánicas, la manipulación, la resistencia contra la radiación UV, la conformidad al agua potable y su durabilidad. RENOLIT ALKORPLAN 35054 35254 son geomembranas especiales creadas por RENOLIT para el revestimiento de embalses. Se tratan de geomembranas de PVC-P, que son altamente resistentes a la radiación UV y a los microorganismos debido a su formulación especial. Si fuera necesario, la geomembrana también es disponible con una formulación especial apta para uso alimentario: RENOLIT ALKORPLAN 35052-35152.

3. INSTALACION DE LA MEMBRANA

3.1. Concepto del Sistema de Impermeabilización

El sistema de impermeabilización se compone de:

- Soporte
 - capa de drenaje
 - capa de protección
 - capa de filtro

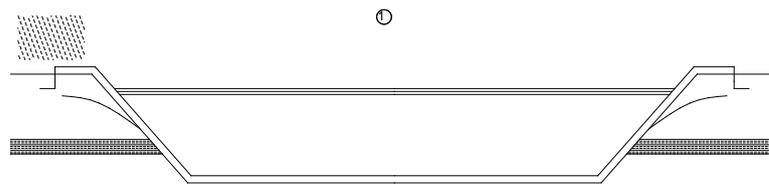
- Capa impermeable
- Protección
 - protección sintética
 - protección mineral
 - combinación

Es necesario estudiar las condiciones exactas en las que el sistema de impermeabilización tiene que ser instalado y como debe funcionar. Diferentes parámetros pueden conducir a un mal funcionamiento del sistema. Por lo tanto, las condiciones geológicas y geotécnicas tienen que ser investigadas in situ.

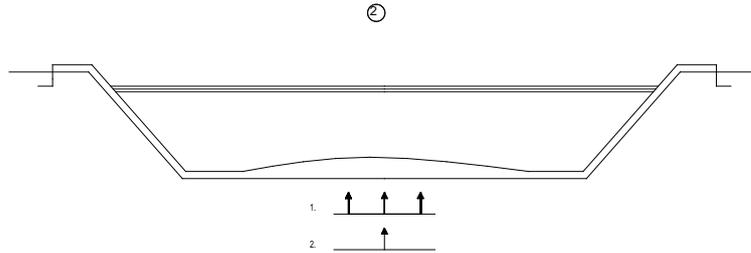
3.2. Preparación del soporte

3.2.1. Calidad del terreno

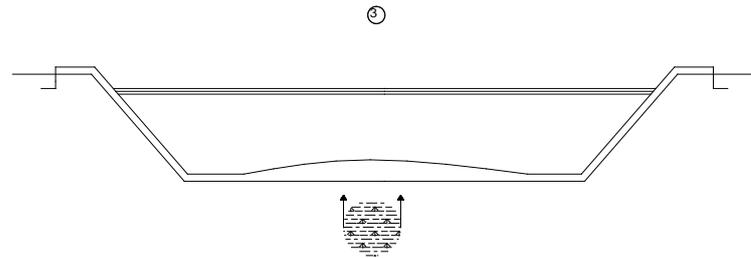
La calidad del suelo es muy importante. Las investigaciones deben realizarse sobre la existencia de gas y de materia orgánica en el terreno. Podría ser necesario instalar drenajes para evacuar los gases que se desarrollan debajo del sistema de impermeabilización. Hay múltiples razones para la sub-presión en el sistema de impermeabilización que pueden provocar un fallo en el sistema de estanqueidad:



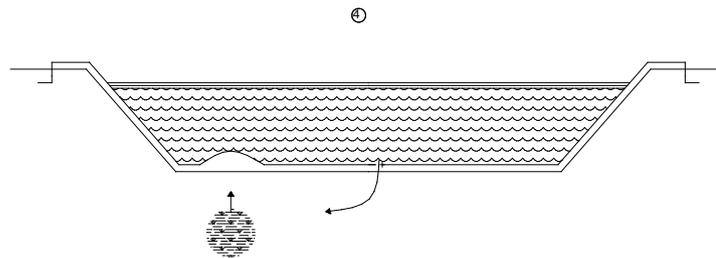
Una capa impermeable y el incremento de agua en la capa freática pueden conducir a una presión negativa.



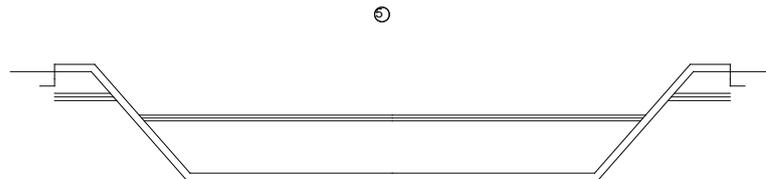
La presión debido al gas, y una capa permeable con una subida del nivel del agua en la capa freática pueden ocasionar daños.



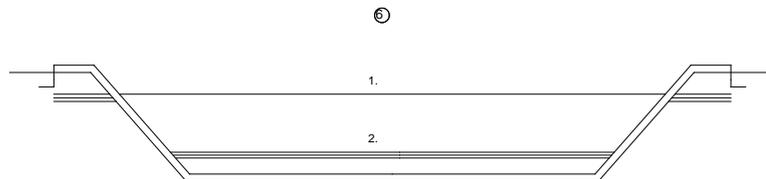
La disolución del material orgánico debajo del sistema de impermeabilización puede llevar a la sub-presión por debajo del sistema de impermeabilización.



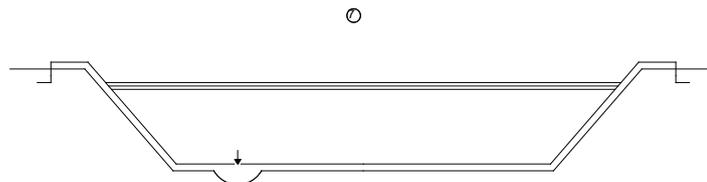
Fuga en una balsa de un líquido cargado con material orgánico



Un nivel freático más alto que el nivel del agua en la balsa provoca sub-presión.



Vaciado rápido de la balsa en equilibrio con el exterior en el período de servicio

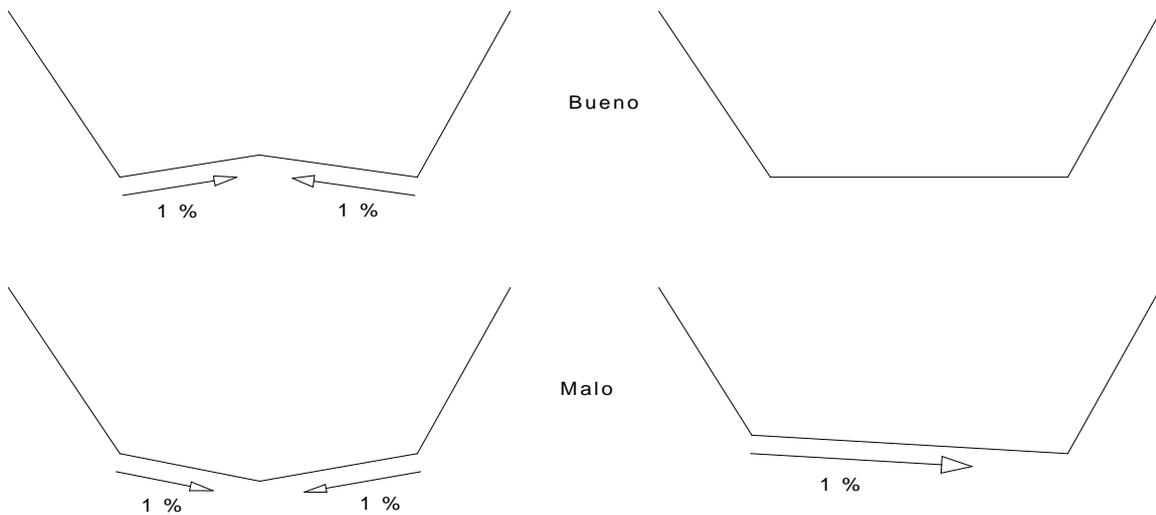


Hundimiento localizado como consecuencia de una fuga.

3.2.2. Geometría

3.2.2.1. Fondo

Con el fin de tener un buen funcionamiento del drenaje y para simplificar la limpieza de la balsa después de vaciarla, se debería construir con una inclinación mínima del 1%.



3.2.2.2. Pendiente o talud

Las pendientes tienen que ser construidas de tal manera, que deberán ser estables por si mismas. El sistema de impermeabilización puede no tener ninguna función estabilizadora. En la mayoría de casos la inclinación de la pendiente tiene que estar por debajo de los 45° (1/1) por las siguientes razones:

- El alargamiento de la geomembrana debido a su peso, podría llevar a fluir y deslizarse.
- La inestabilidad de la capa de drenaje y / o la capa de protección, que consiste en losas de grava, hormigón.
- El vaciado rápido de la balsa puede conducir a la inestabilidad de los taludes.
- El trabajo en los taludes de grandes pendientes.

3.2.2.3. Parte Superior / Coronamiento

La dimensión de la parte superior tiene que ser lo suficientemente grande como para permitir:

- La fijación correcta del sistema de impermeabilización
- La circulación del tráfico durante y después de la instalación del sistema de impermeabilización.
- El radio entre el pendiente y el fondo tiene que ser lo suficiente grande como para evitar la tensión local de la geomembrana.

3.2.3. Drenaje

El drenaje tiene que garantizar la liberación de líquidos y gas de debajo de la geomembrana.

Se recomienda proyectar con una ligera inclinación (1% min.) con el fin de evacuar el aire y gas atrapado en el primer llenado de la balsa.

Antes de iniciar el proyecto se debería hacer un estudio sobre el drenaje, ya que cualquier error durante la obra puede conducir a serias deficiencias del sistema de impermeabilización.

Se debería tener en cuenta el drenaje bajo las siguientes circunstancias:

- Cuando los líquidos o sólidos almacenados son contaminantes o tóxicos
- Cuando los líquidos almacenados contienen materia orgánica
- Cuando el suelo debajo del sistema impermeable contiene materia orgánica
- Cuando el suelo es susceptible a la erosión interna
- Cuando la balsa está sujeta a una rápida subida del nivel
- Cuando el agua subterránea temporal puede desarrollarse bajo la geomembrana
- Para evitar que se levante la geomembrana a causa del viento

3.2.3.1. Drenaje de gas (en caso de que sea necesario)

En general se usan tuberías perforadas de 60 a 80 mm, colocadas aproximadamente cada 20 m (reducido a 10 m, si el suelo subyacente es relativamente impermeable y si hay la posibilidad de una emisión de gas significativa).

Las tuberías no se colocan directamente en contacto con la geomembrana, se colocan en una capa de gas permeable (capa de drenaje o zanja de drenaje), que consiste o de granulados con arena (al menos 60%) o un geotextil transmisivo.

Estos tubos se pueden reemplazar por tiras de geo-separadores colocados directamente sobre el soporte.

Las salidas de los desagües de gas están instaladas en los puntos más altos y están equipadas con chimeneas protegidas. La pieza de salida tiene que estar horizontal, y nunca de cara al viento.

En cada caso, es necesario diseñar el drenaje de los gases de tal manera que los desagües mencionados nunca se llenen de agua: por lo tanto, deben de estar asociados con los drenajes de los líquidos. Adicionalmente la forma del fondo de la balsa debería permitir la evacuación del aire atrapado bajo la geomembrana durante su instalación (la pendiente permite la ventilación hacia el exterior).

3.2.3.2. Drenaje de agua

El drenaje de agua se tiene que hacer de la siguiente manera:

- Una capa de material drenante con un espesor de 10 cm con un mínimo de 60% de arena, $0,5 < D < 5$ mm. Se debe colocar una capa sintética de separación (filtro) entre el suelo y la capa de drenaje.
- Debe ser instalada una red de zanjas de drenaje con el fin de recoger los líquidos que surgen. Los tubos de drenaje están cubiertos con un geotextil para evitar la colmatación de los mismos debido a los gránulos finos.
- Drenaje geosintético en combinación con los tubos de drenaje.

3.2.3.3. Colectores y salidas

Todos los líquidos serán conducidos hasta los colectores, llevándolos a los puntos en donde se evacuan por gravedad. Si la evacuación por medio de la gravedad no es posible, se realizara por bombeo mediante la ayuda de una bomba. En este caso, se construirá un pozo en el punto más bajo, y se instalara una bomba automática con sistema de alerta, la cual deberá ser controlada con frecuencia. También nos servirá como control para el funcionamiento del sistema de impermeabilización.

Se recomienda la construcción de un pozo de control en el caso de que los líquidos almacenados tengan efectos contaminantes.

Para grandes proyectos, se recomienda compartimentalizar el sistema de drenaje con desagües individuales para cada área para poder localizar las fugas.

3.2.3.4. Dimensionamiento de drenaje

Para medir la dimensión del drenaje se tiene que tener en cuenta lo siguiente:

- cantidad de líquidos detrás de la geomembrana
- cantidad de líquido en caso de un fallo de la geomembrana

- la presión máxima negativa en caso de vaciado rápido de la balsa o un fallo del sistema de impermeabilización.

Dependiendo del contexto hidrogeológico, un sistema de drenaje adicional fuera de la obra podría ser indispensable.

En obras pequeñas se usan en general conductos semi perforados con un diámetro de 125mm en combinación con bandas de geo espaciadores entre 0.2m a 0.5m de ancho. Para grandes proyectos el sistema de drenaje tiene que ser estudiado.



Canalización de drenaje debajo del sistema de impermeabilización

3.2.4. Sustrato

La superficie debe ser lisa, sin piedras afiladas, ni vegetación y bien compactada para evitar asentamientos. Debe ser capaz de proporcionar un drenaje en el sistema de impermeabilización para evitar la presión negativa. Esto también puede lograrse efectivamente con la ayuda de tubos de drenaje que se incrustan en el Sustrato.

La imagen muestra las diferentes capas en el sistema de impermeabilización:



*Proyecto de Barlovento: 1ª capa de drenaje de 8/40
Capa separadora geotextil 500 g/m² - 2ª capa de drenaje de 0/6*

3.3. Instalación de la capa de impermeabilización

3.3.1. Concepto de la capa de impermeabilización

Después de determinar exactamente los parámetros del suelo y del sustrato se podrá escoger el sistema de impermeabilización.

En general el sistema de impermeabilización consiste en:

- Una separación y/o una capa de protección: Geotextil de 500 g/m² min. se colocara encima del soporte (capas de drenaje).

Su tarea es la de proteger y separar a la geomembrana del sustrato.

En el caso de que la capa que se encuentra debajo de la geomembrana sea de arena, se tendrán que tomar las medidas de precaución oportunas durante las soldaduras de las geomembranas para evitar la contaminación de las zonas soldadas.

- Geomembrana :

La elección de la geomembrana se debe hacer de acuerdo con la función que deba cumplir el embalse (PVC-P, PP o PE)

- Capa de protección:

Se recomienda proteger el sistema de impermeabilización. Hay diferentes factores, que pueden dañar el sistema como: las olas, el vaciado rápido del agua, la radiación UV en las zonas expuestas, el vandalismo, etc.

Dependiendo de la inclinación de la pendiente de esta capa protectora, la misma puede estar compuesta en su mayoría por una combinación de geotextil y una capa de protección sólida como gravas (Rip Rap), arena, hormigón y más (a veces no existe una protección exterior, en este caso la geomembrana tiene que ser especialmente fabricada para resistir con garantía las influencias existentes).

3.3.2. Instalación del geotextil

El geotextil se puede fabricar en diferentes anchos. Dependiendo de la obra el ancho puede ser importante. Para grandes superficies se debe usar un ancho máximo de hasta 8 m. También puede ser útil combinar dos anchos diferentes, para cubrir la totalidad del proyecto. Es difícil cortar el geotextil, por lo tanto, algunos rollos más pequeños pueden simplificar el trabajo.



Colocación del geotextil

3.3.3. Instalación de las geomembranas

3.3.3.1. Prefabricación de paneles

Para grandes superficies se recomienda preparar los paneles de gran tamaño o mantas. Esto se refiere especialmente a las láminas de PVC-P que se producen en anchos hasta **2,15 m**. En la fase de prefabricación, se pueden producir grupos de todo tipo de dimensiones.

Las ventajas de la prefabricación son las siguientes:

- La calidad de la soldadura es muy alta ya que las condiciones en la prefabricación no cambian.
- Reducción de costes en comparación con la soldadura in situ.
- Reducción del tiempo de trabajo ya que la prefabricación puede comenzar antes de la instalación a pie de obra.
- Reducción de las soldaduras in situ, por lo tanto, se reducen los fallos de soldadura a pie de obra.
- Reducción del tiempo de pruebas.

Para ser capaz de producir una prefabricación de paneles es necesario que:

- Diseño de un plan de montaje exacto siguiendo las condiciones del sitio.

La soldadura tiene que ser llevada a cabo con máquinas de soldadura automáticas. Se recomienda utilizar máquinas que realicen doble soldadura con canal de comprobación, con el fin de controlar las soldaduras mediante aire a presión. En el caso de una soldadura simple (estándar), se recomienda el control mediante un tubo de hierro (la apertura de 3,0 mm) con presión de aire.

Los paneles se podrán doblar en el caso de que la geomembrana tenga el espesor mínimo según la normativa, o enrolladas en un mandril para un espesores más importantes. Para evitar la destrucción de los paneles, estos tienen que ser embalados para ser transportados a pie de obra.

3.3.3.2. Montaje de los paneles

El montaje se lleva a cabo siguiendo el plan de instalación. Los paneles prefabricados se enumeran para ayudar en la instalación y también para esclarecer la identificación de los mismos.

En general, el tamaño de los paneles será de 200 m² a 1.000 m² en función de:

- Espesor de la geomembrana
- Medios de manipulación en la prefabricación, así como en el lugar
- La accesibilidad y la configuración del lugar
- La manera de que se plieguen los paneles

En la mayoría de los casos de PP y PE no es necesario prefabricar paneles ya que el ancho de la producción puede ser superior a 5 m. Es necesario colocar lastre en la geomembrana instalada durante el periodo de trabajo, ya que se tiene que tener en cuenta la influencia del viento.

3.3.3.3. Instalación a pie de obra

a. Colocación de la geomembrana

- La instalación de la geomembrana con paneles prefabricados o mantas sólo pueden ser ejecutados si todos los trabajos relacionados con la calidad del sustrato (capas de granulados, capa de separación, drenaje) están completamente terminados y aprobados por el ingeniero responsable de la obra.
- Las geomembranas se desenrollan sin tensión y deben estar superpuestas. El solapamiento depende de la máquina de

soldadura que se utilizara (4 cm a 10 cm). Las máquinas que crean un canal para el control exigen un solapamiento entre 8 cm y 10 cm. Para la soldadura por extrusión la superposición límite es de 4 cm.

- Se deberá tener en cuenta la temperatura exterior. Durante los períodos de altas temperaturas, el alargamiento de la geomembrana puede ser importante. En climas cálidos por lo tanto, se recomienda llevar a cabo la operación de soldadura a primera hora de la mañana cuando la geomembrana se ha enfriado durante la noche anterior.

La dilatación térmica de diferentes materiales

PVC-P: $1.0 \cdot 10^{-4}$ cm/cm/°C (Desplazamiento: 48 cm para 100 m en 50°C de diferencia)

HDPE: $2.4 \cdot 10^{-4}$ cm/cm/°C (Desplazamiento: 120 cm para 100 m en 50°C de diferencia)

Referencia_ Congdon, 1998



Desenrollado e instalación de la geomembrana

Soldadura in situ o a pie de obra

La calidad de la soldadura depende de los siguientes parámetros:

- Limpieza del área de soldadura (con un paño seco y limpio)
- Buen ajuste de la máquina (temperatura, velocidad y presión)
- Capacitación del personal.

Las máquinas utilizadas son de cuña caliente o máquinas de aire caliente. Este tipo de maquinaria es conveniente para todo tipo de materiales (PVC-P, PP, PE). Se utilizara la soldadura manual a base de aire caliente solo para los láminas de PVC-P y PP para la ejecución de los detalles constructivos, las conexiones al final de los paneles, etc. La soldadura por extrusión, con aporte de material es la única técnica para la ejecución de los detalles constructivos de las geomembranas de PE



Soldadura con aire caliente y doble solapo

b. Acción del viento

La geomembrana debe ser lastrada después de la instalación. El viento puede desplazar y levantar los paneles. En general se utilizan como material de lastrado, sacos de arena o neumáticos viejos.

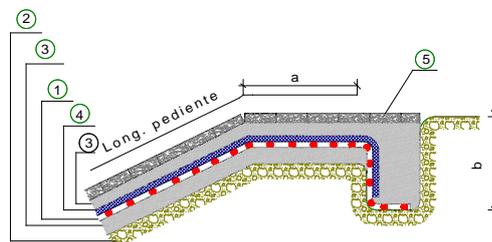
En el caso de un sistema de protección, se recomienda después de un control completo de las secciones instaladas, ejecutar la protección.

3.3.4. Anclaje del sistema de impermeabilización en la cresta de la construcción

En general, el sistema de impermeabilización estará anclado en una zanja. La zanja debe ser rellenada inmediatamente a medida que se introduce el sistema dentro de la misma. La dimensión de la zanja depende de la longitud de la pendiente.

Otras fijaciones son posibles (ejemplo placas de acero inoxidable en relación con las estructuras de hormigón, etc)

Dimension del Anclaje en la Zanja



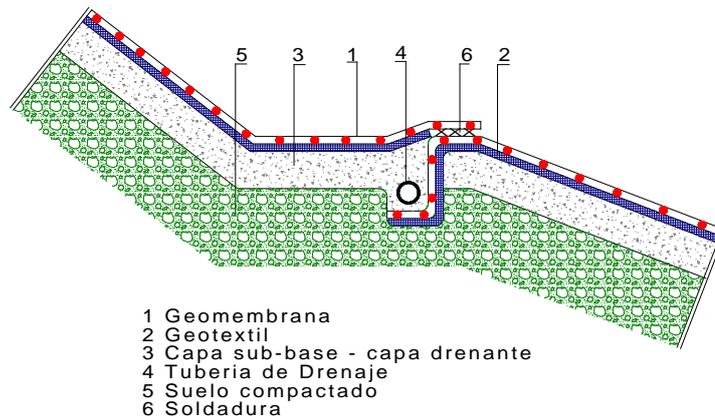
- 1 Geomembrana ALKORPLAN
- 2 Suelo Compactado
- 3 Arena y capa protectora
- 4 Geotextile
- 5 Concrete Slabs

Length of Slope	a	b
< 10 m	> 0,5 m	> 0,5 m
10 - 40 m	> 0,8 m	> 0,6 m
> 40 m	> 1,0 m	> 0,8 m

3.3.5. Fijación intermedia del sistema de estanqueidad

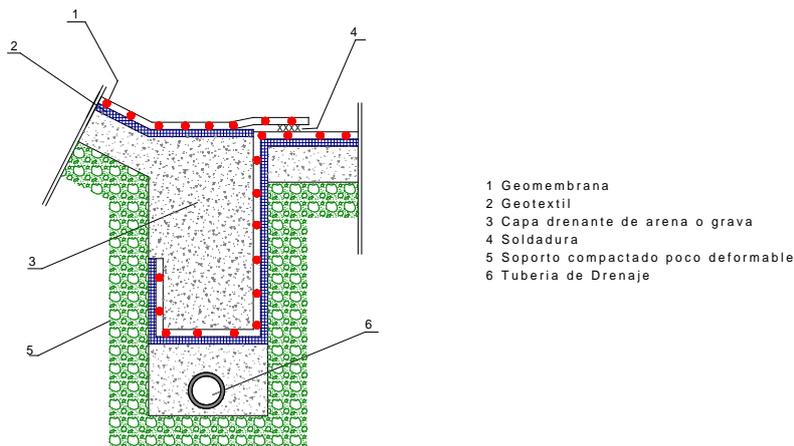
Las fijaciones intermedias podrían ser necesarias dependiendo de la construcción de la balsa. En el caso de pendientes muy largas, se recomienda prever una fijación con el fin de reducir la presión sobre la membrana debido a la fuerza del viento.

Fijación intermedia



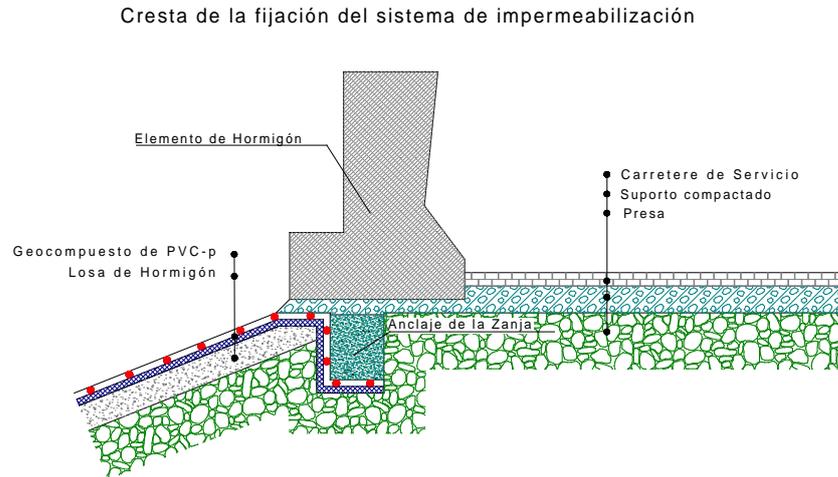
3.3.6. Anclaje del sistema de impermeabilización en la parte inferior de la balsa

Fijación del Fondo



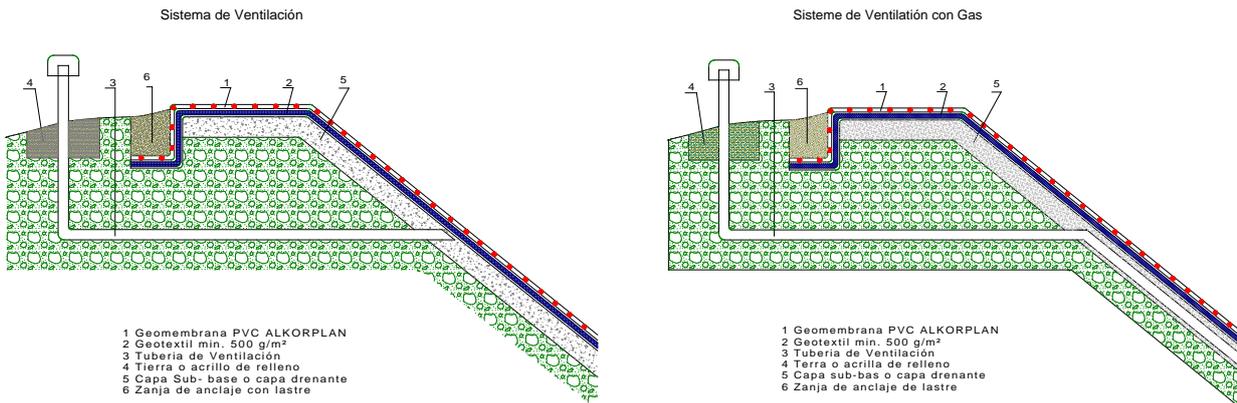
3.3.7. Anclaje en combinación con una superficie de hormigón

No es siempre posible encontrar un anclaje adecuado en una zanja. Si hay una carretera de servicio, las estructuras de hormigón son las de uso mas frecuente. En tal caso, una posible terminación del sistema de revestimiento se puede hacer como se muestra en el siguiente detalle:



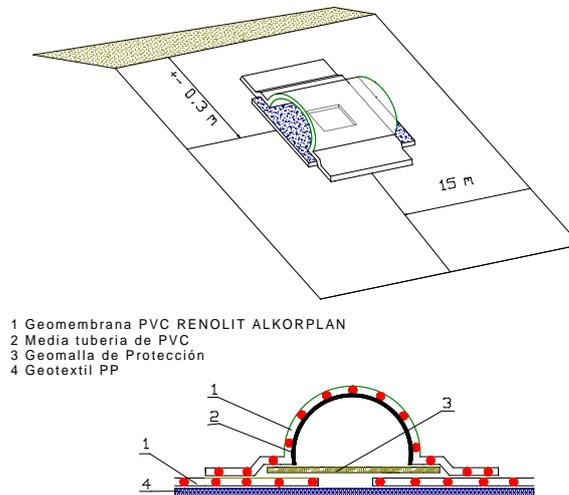
3.3.8. Sistema de ventilación

El viento tiene una influencia importante en un sistema de impermeabilización que se ha instalado con láminas (especialmente en balsas de riego donde el nivel del agua cambia muy a menudo), ya que la parte expuesta de la membrana podría sufrir bajo el viento. Por lo tanto, se recomienda instalar un sistema de ventilación:



Tipología particular del sistema de ventilación:

Sistema de Ventilación con media tubería de PVC



No se necesita un sistema de ventilación si hay protección pesada sobre el sistema de impermeabilización.

3.4. Protección del sistema de impermeabilización

La protección contra influencias mecánicas es una garantía de un sistema de impermeabilización de larga duración. Por lo tanto, por las siguientes razones se debe instalar una protección en el sistema de impermeabilización:

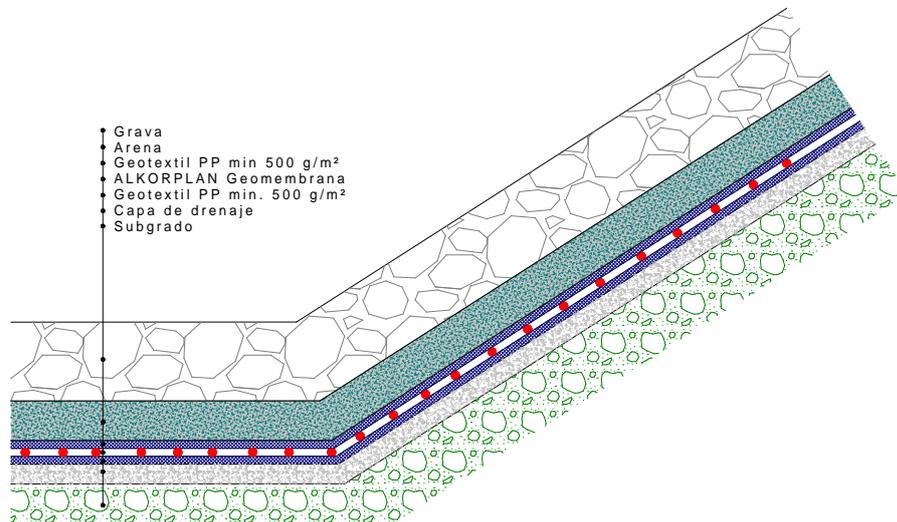
- En canales con una velocidad del agua > 1 m/sec
- En áreas de la obra con una velocidad del agua > 1 m/sec
- Contra objetos flotantes
- En áreas con una rampa de acceso
- En las orillas de los lagos artificiales
- Contra viento, hielo, olas, etc
- En el fondo si se tiene intención de limpiar con maquinaria
- Contra el vandalismo
- Contra la influencia de la radiación UV en zonas expuestas

3.4.1. Protección con granulados

El estudio de la estabilidad de la protección depende del conocimiento completo de las características de todos los materiales utilizados, ya sean granulados o sintéticos. Sobre todo el ángulo de fricción entre las diferentes caras puede cambiar de manera importante con el tipo de geomembrana,

geotextil y granulación. Por lo tanto, se recomienda llevar a cabo ensayos a pie de obra para encontrar la mejor combinación.

Sistema de impermeabilización con Grava como Protección



Protección con grava (Rip Rap)

El grosor de la geomembrana y el peso del geotextil dependen de:

- tipo de geomembrana
- granulación y ángulo del suelo
- granulación y ángulo del sustrato
- fuerzas creadas durante la ejecución de la capa de protección

Estas fuerzas dependen de:

- el espesor de la capa de protección colocada directamente sobre el sistema de estanqueidad
- el tipo de maquinaria que se utilizara para la colocación de la capa de protección.



Descarga del material de protección con camión

Distribución del material con una excavadora



Distribución con cargador

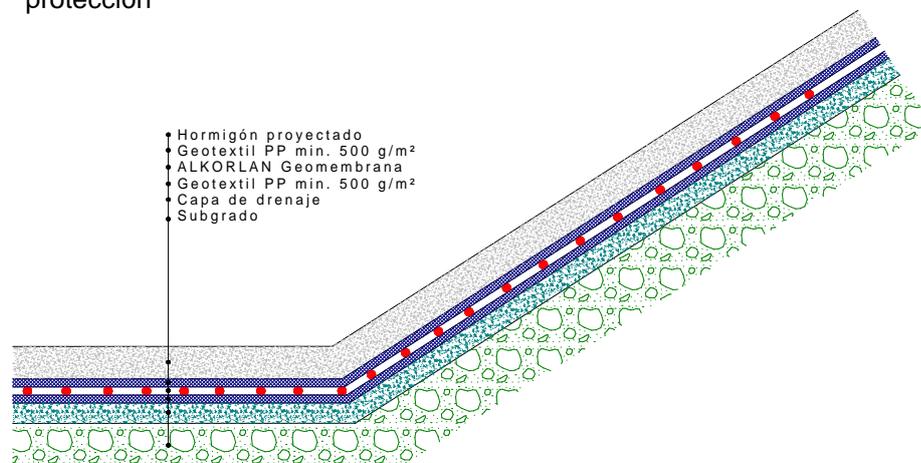


Distribución con excavadora

3.4.2. Protección con hormigón:

En los taludes donde no se puede crear estabilidad con granulación (el ángulo de fricción es demasiado bajo) se tiene que hacer con una protección de hormigón.

Sistema de impermeabilización con Hormigón proyectado como protección



Posible sistema con protección de hormigón

4. CONSTRUCCION, CALIDAD, CONTROL MANUAL

Este manual está dirigido al “Programa de Control de Calidad”, para garantizar la calidad de la mano de obra y la integridad de la instalación de las geomembranas y otros productos geosintéticos.

4.1. Entrega de Material

Un representante debe estar presente, siempre que sea posible, para observar y ayudar en la entrega del material y la descarga en el lugar. El representante tiene que tomar nota de cualquier material recibido en mal estado y la retirada de conformidad de las muestras necesarias. Durante la movilización del material a la obra un representante tendrá que:

- Verificar que el material que se usa en la obra es el adecuado y no corre el riesgo de dañar el geocompuesto u otros materiales.
- Marcar los rollos o parte de los rollos que aparentemente estén dañados.
- Verificar que el almacenamiento de material está protegido contra la suciedad, robo, vandalismo, y circulación de vehículos.
- Asegurarse que los rollos están bien marcados y que las etiquetas corresponden con los documentos QC.
- Cotejar los números de los rollos, fecha de producción y anotar cualquier daño a causa del transporte en la Lista de verificación de entrega de material (Material Delivery Checklist).

4.2. Instalación de la Geomembrana

El contratista será responsable de preparar la superficie de hormigón, y adecuarlo para la instalación del sistema de impermeabilización a menos que se acuerde lo contrario.

4.2.1. Panel de diseño

Antes de colocar la membrana, se deberán presentar los planos para indicar la configuración y la ubicación general.

4.2.2 Identificación

Cada panel utilizado para la instalación recibirá un número que se correlacionara con un número de lote o rollo. Este número de identificación del panel debe estar registrado en la forma de colocación del mismo, que se utilizará cuando sea necesario. Siguiendo un plan diseñado por el contratista, en el cual mostrara las secciones, la identificación y el control de los rollos.

4.2.3 Colocación de los paneles en la obra

4.2.3.1 Condiciones climáticas

Generalmente no se colocará ninguna geomembrana si hace mal tiempo, es decir, si llueve, si hace mucho viento, si hay demasiada humedad, o en un área de agua estancada.

4.2.3.2 Localización

El instalador intentará colocar los paneles tal y como se indica en los planos. Si los paneles se colocan en un lugar distinto al del plano, se tomará nota de la nueva ubicación.

4.2.3.3 Reparación de daños

Cualquier área de un panel que haya sido dañada seriamente se marcará y reparará de acuerdo con el Parágrafo 2.4 de este documento.

4.2.4 Soldadura de la Geomembrana a pie de obra

4.2.4.1 Personal

Todo el personal que realiza operaciones de soldadura recibirá un entrenamiento con la maquinaria específica de soldadura que se utilizara.

4.2.4.2 Material

a) Soldadura en prefabricación

Antes de iniciar los trabajos de soldadura diarios hay que llevar a cabo un ensayo para regular el equipo de soldadura con respecto a los parámetros importantes como son la temperatura y la velocidad de soldadura. La máquina de soldadura será la misma que se utiliza para la aplicación en obras de impermeabilización de cubiertas planas (tipo Leister Variant). La máquina producirá soldaduras simples.

b) Soldadura en el campo con una maquina de soldar de aire caliente

Este tipo de máquina ofrece soldaduras con canal de comprobación.

Se utiliza para el montaje de la geomembrana y para paneles de prefabricación.

c) Soldadura manual

Las uniones en T, las bandas transversales, las conexiones de las geomembranas de las pendientes con elementos en el fondo en áreas curvadas, al igual que los detalles, se tienen que realizar con soldadura manual. El dispositivo recomendado es

de un soldador manual de aire caliente, por ejemplo de la empresa Leister.

La soldadura con aire caliente solo se puede usar en conexión con las geomembranas de PVC-P y PPP. Las geomembranas de PE se soldarán mediante una extrusora que lleva incorporada una tobera o inyector, y la soldadura se realizara con material de relleno (detalles).

4.2.5 Preparación de las soldaduras

La superposición de la geomembrana se tiene que hacer de tal manera que garantice una soldadura segura con la máquina a utilizar, así como garantizar una soldadura de 30 mm para soldaduras simples, y 40 mm para soldaduras dobles.

Se deberá limpiar el área de las uniones para garantizar que estén limpias y libres de humedad, polvo, suciedad y residuos.

Ajustar las geomembranas (paneles) para que las uniones estén alineadas con el menor número posible de pliegues.

4.2.6 Prueba de soldadura

Cada día de trabajo - antes de iniciar las uniones - la máquina tiene que ser revisada y adaptada a las circunstancias diarias (temperatura, humedad del aire). Esto se hace a través de pruebas diarias para determinar la velocidad y la temperatura de los equipos de soldadura, para la máquina de cuña caliente también se incluye la presión aplicada a la unión. Estos parámetros no cambian a lo largo del día a menos que las condiciones climáticas cambien considerablemente.



Prueba de soldadura

4.2.7 Procedimiento de control de las muestras

Cortar 2 cm de una muestra de 2,5 cm de ancho y proceda a realizar un test de pelado con un dispositivo de tracción sobre el terreno. La soldadura no se puede separar, la muestra debe demostrar la ruptura del material.



Dispositivo de ensayo y la muestra de prueba

4.2.8 Documentación de las soldaduras

Los técnicos de soldaduras tienen que llenar todos los parámetros importantes en el formulario del control de las uniones.

- temperatura exterior de la mañana, mediodía, y tarde/noche;
- datos como la temperatura de soldadura, la presión y la velocidad de la máquina, para poder determinar a través del procedimiento de los ensayos al día (controlado a través de la prueba de pelado y resistencia al desgarro);
- La hora que se empezó y acabó el trabajo de soldadura;
- Los números de uniones;
- Los datos del resultado de la soldadura después de la prueba (reducción de la presión después de 15 minutos del ensayo);
- Ensayos no destructivos de las uniones de soldaduras (peeling de prueba y resistencia al desgarro);
- Medidas de reparación si las uniones no pasan la prueba;
- Firma del representante, del cliente y del instalador.

4.3 **Pruebas de las soldaduras – Geomembranas**

4.3.1. Control de soldaduras hechas en prefabricación

4.3.1.1 **Dobles soldaduras**

Las dobles soldaduras se controlan a través de la presión del aire. El canal de aire tiene que estar cerrado en ambos lados terminales de la membrana. Una aguja de prueba (por ejemplo, del tipo Leister) se

introduce en el canal de comprobación. La aguja tiene una forma cónica para evitar la evacuación del aire bajo presión. Durante el tiempo de prueba no se puede sacar ni manipular la aguja. La prueba de presión aplicada depende del espesor de la geomembrana y la temperatura exterior. El ensayo debe llevarse a cabo después de haber pasado una hora la realización de la soldadura. La presión no puede disminuir en más de un 20% para las geomembranas de PVC-P.

4.3.1.2 Soldaduras simples

En el caso de las soldaduras simples, se conecta un tubo de acero a un compresor con un diámetro de 3 a 4 mm y se lleva a lo largo de la unión bajo una presión de 5 bares. Este tipo de test solo es apto para geomembranas flexibles y no para PE. Las fugas se detectan inmediatamente a través de la burbuja emergente a causa de la presión del aire aplicado.

4.3.2 Control de las soldaduras simples in situ a través de la presión de aire

Ver el punto **4.3.1. Control de soldaduras hechas en prefabricación.**

Después de una prueba realizada con éxito, se tiene que soldar un trozo de la geomembrana sobre el agujero penetrante de la aguja del ensayo.

Los datos de los ensayos se apuntarán otra vez en el documento de prueba.

4.3.3 Control de soldadura manual

Hay que seguir los procedimientos de control de las uniones bajo el párrafo

4.3.1.2. Uniones simples. Los parches de reparación y las uniones cortas se controlan con una campana de vacío.

4.3.4 Reparación de las fugas detectadas

Las fugas detectadas se repararán con parches de geomembrana homogénea.

Esta soldadura tiene que ser probada siguiendo el procedimiento mencionado bajo el punto **4.3.3. Control de soldadura manual.**

4.3.5 Ensayos destructivos (test de pelado)

El propósito de los ensayos destructivos es determinar y evaluar la resistencia de la unión. Estos ensayos requieren muestras directas y posteriormente unos parches.

Por lo tanto, las pruebas destructivas deben mantenerse al mínimo para reducir la cantidad de reparaciones en la geomembrana.

- Dependiendo del tamaño de la obra, se determinará de cuantos metros de soldadura se tiene que hacer un test de pelado. Durante la prueba se apuntarán la fecha, hora y lugar.

- Las muestras destructivas deberían hacerse en cuanto se hayan soldado las uniones, pero no antes de una hora, para así recibir los resultados de la prueba a una hora determinada.
- Todas las localizaciones con una marca de aprobado/no aprobado serán marcadas en la geomembrana con un marcador permanente.

Método de la prueba:

El material tiene que romperse fuera de la zona de soldadura. Se recomiendan los siguientes valores:

- PVC-P y PP geomembranas: > 4 N/mm para maquinas soldadoras
> 3,5 N/mm para soldadura manual
- PEHD geomembranas > 15 N/mm

5 **CONCLUSION**

La impermeabilización de embalses, canales y lagunas es una labor muy técnica. Sólo los expertos pueden llevar a cabo los trabajos de soldadura.

El apoyo técnico desde RENOLIT Ibérica,S.A., partiendo ya del diseño del proyecto hasta el final de las obras de impermeabilización es una garantía de la entrega de un trabajo exitoso. La gran experiencia en el sector es una ventaja para el cliente. Muchos proyectos se han realizado con éxito en el pasado, como se muestra a partir de nuestra larga lista de referencias.



Lago superior de la planta de energía hidráulica de Afourer en Marruecos