

1. INTRODUCCION	3
1.1. General	3
1.2. Producto RENOLIT	3
1.3. Requisitos de los materiales de impermeabilización	3
1.3.1. Estanqueidad	3
1.3.2. Flexibilidad	3
1.3.3. Resistencia química	3
2. GEOMEMBRANAS RENOLIT	4
2.1. Geomembranas RENOLIT ALKORPLAN	4
2.1.1. Referencias de la Geomembrana RENOLIT ALKORPLAN	4
2.1.2. Propiedades	4
2.1.3. Características	5
2.2. Geomembranas RENOLIT ALKORTOP	5
2.2.1. Referencias de geomembranas RENOLIT ALKORTOP	5
2.2.2. Propiedades	5
2.3. Accesorios	5
2.4. RENOLIT Producción	6
2.5. Geomembrana recomendada	6
3. CONCEPCION DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN	7
3.1. Losa de cimentación	7
3.2. Paredes Verticales	7
3.2.1. Paredes Verticales con espacio para trabajar	7
3.2.2. Pared Vertical sin espacio para trabajar	8
4. INSTALACION DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN	8
4.1. Impermeabilización con espacio de trabajo	8
4.1.1. Recubrimiento de la losa inferior	8
4.1.2. Impermeabilización entre la losa y la pared	9
4.1.3. Impermeabilización de Paredes Verticales	10
4.1.4. Impermeabilización del techo	11
4.2. Impermeabilización sin espacio para trabajar	13
4.2.1. Impermeabilización de la balsa	13
4.2.2. Impermeabilización de las paredes verticales	13
4.2.3. Impermeabilización de la losa de techo	15
5. SISTEMA DE COMPARTIMIENTO	15
6. MATERIAL	16
6.1. Geomembrana	16
6.1.1. Sistema con signal layer (capa señalizadora)	17
6.1.2. Sistema translúcido	17
6.1.3. Resistencia de la membrana de PVC-P RENOLIT ALKORPLAN bajo presión: 18	
6.2. Geotextil	19
6.2.1. Producto	19
6.2.2. Datos técnicas	19
6.3. Water stops	19

6.3.1.	Water stop par alas juntas de dilatación	19
6.3.2.	Water stop para juntas normales.....	20
6.4.	Dispositivos de inyección	20
6.4.1.	Tubería de inyección	21
6.4.2.	Tubo de inyección	22
6.5.	Herramientas de soldadura	22
6.5.1.	Maquina de soldar de cuña caliente	22
6.5.2.	Maquina automática de soldar de aire caliente	23
6.5.3.	Soldador manual.....	24
7.	CONTROL Y PRUEBA DE LA IMPERMEABILIDAD	24
7.1.	Control de la doble soldadura a través de la presión del aire	24
7.2.	Control de soldadura manual	25
8.	CONCLUSION	25

INTRODUCCION

1.1. General

El uso de membranas de PVC-P como impermeabilización para cimientos bajo la presión del agua es una tecnología sofisticada y segura para proteger la construcción de las influencias destructivas del agua.

Dependiendo de la apariencia del agua (humedad, presión temporal de agua, presión de agua permanente) el sistema de impermeabilización deberá adaptarse. Esto se expresa en el espesor de la geomembrana y en un sistema de control y reparación. Bajo la influencia de la presión de agua permanente se debería usar un espesor mínimo de lámina de 2,0 mm.

Esta descripción técnica explica el uso de membranas RENOLIT para la impermeabilización de túneles.

1.2. Producto RENOLIT

- RENOLIT ofrece una amplia gama de láminas de plástico adecuadas para llevar a cabo la impermeabilización de los túneles:
- RENOLIT ALKORPLAN PVC-P (geomembranas)
- RENOLIT ALKORTOP PP (geomembranas)

1.3. Requisitos de los materiales de impermeabilización

La calidad de impermeabilización depende de:

- Elección de la geomembrana
- Sistema de impermeabilización, incluyendo la preparación del terreno
- Como se lleva a cabo el trabajo (terreno, drenaje, sistema de impermeabilización, protección).

1.3.1. Estanqueidad

La estanqueidad del agua depende de la definición de la membrana (grupo de productos, espesores) con el fin de ser capaz de resistir todas las influencias (por ejemplo, presión, condiciones del terreno, etc.)

1.3.2. Flexibilidad

Este punto ha de tenerse en cuenta durante el proyecto. Dependiendo de la forma, los ángulos y los asentamientos de la construcción, se elegirá el tipo de membrana.

1.3.3. Resistencia química

Contaminación del suelo y de las aguas subterráneas.

2. GEOMEMBRANAS RENOLIT

2.1. Geomembranas RENOLIT ALKORPLAN

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

2.1.1. Referencias de la Geomembrana RENOLIT ALKORPLAN

- 35041, geomembrana no-reforzada, opaca, gris oscuro con una capa delgada señalizadora en color amarilla (bi-color) para prevenir de cualquier daño mecánico.
Conforme a las especificaciones SIA V280, RVS 8T, DS 853, HEFT 365.
- 35034, geomembrana no-reforzada, opaca, verde claro (de un solo color).
Conforme a las especificaciones RVS 8T, HEFT 365;
- 35036, geomembrana no-reforzada, translúcida (>70%).
Conforme las especificaciones capítulo 67 título III CETE Lyon, NEAT ;
- 35020, capa protectora de PVC-P no-reforzada
Conforme a las especificaciones capítulo 67 título III CETE Lyon.
- 35038, geomembrana no-reforzada, opaca, gris oscuro, resistente contra las influencias temporales de hidrocarburos; se puede aplicar directamente en contacto con el betún.

Las geomembranas mencionadas anteriormente también se pueden producir:

- Reforzadas (malla de poliéster o fibras de vidrio).
- Geotextil doblado con PES (poliéster) o PP (polipropileno).

Las características mecánicas pueden cambiar debido al refuerzo y/o al doblado del geotextil.

2.1.2. Propiedades

RENOLIT ALKORPLAN, son membranas de PVC-P flexibles, fabricadas por calandrado o extrusionado, enrolladas, con un ancho de 2,05m.

- Después de la elongación bajo tensión, el PVC-P es capaz de relajarse y adaptarse al suelo
- Elevado rendimiento sobre la deformación bi-direccional debido a su elasticidad (>170%).
- Elevada resistencia a la perforación hidrostática (>950 kPa/mm).
- Excelente resistencia al punzonamiento.
- Resistente a los productos químicos como son las bases de los ácidos y las sales, contra el envejecimiento y contra las influencias ambientales
- Resistente al contacto permanente con niveles de pH entre 2 y 10.
- Membranas que sin la protección de los UV pueden resistir un mes en exposición directa a los mismos sin perder sus características mecánicas.

- Excelente capacidad de soldadura tanto con soldador manual de aire caliente (tipo Triac) como con máquina automática (cuña caliente y / o aire caliente), incluso después de años de uso, conservando un elevado rango de temperatura y velocidad.
- Dilatación térmica limitada: $1.5 \cdot 10^{-4} \text{ cm/cm/}^\circ\text{C}$

2.1.3. Características

Consulte las fichas técnicas.

2.2. Geomembranas RENOLIT ALKORTOP

Este tipo de geomembrana está hecha de polipropileno flexible.

2.2.1. Referencias de geomembranas RENOLIT ALKORTOP

- 35080, geomembrana homogénea, gris, 2.05 m de ancho

2.2.2. Propiedades

- Geomembranas hechas de polipropileno flexible (FPP), homogéneas o reforzadas.
- FPP es menos flexible que PVC-P.
- Se observa un límite 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 punzonamiento hidráulico (600 kPa/mm).
- FPP se puede soldar con aire caliente, mediante máquinas automáticas de cuña caliente o también con soldador manual de aire caliente, con un estrecho margen de temperatura.

2.2.3. Características

Consulte las fichas técnicas.

2.3. Accesorios

- Las geomembranas son la parte más importante de un sistema de impermeabilización. Para que funcione de forma correcta los diferentes accesorios complementan todo el sistema. Todos los accesorios tienen que ser compatibles con la geomembrana utilizada.
Los siguientes accesorios son parte de este sistema:
- Capa protectora (láminas, geotextil, etc.)

- Elementos de fijación (chapa colaminada, water stop, placas de metal inoxidable, anclajes, etc.)
- Dispositivos de comportamiento e inyección para poder controlar y reparar la impermeabilidad después de aplicar el hormigón (water stops, tuberías de inyección,...)

2.4. 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 materias primas, pasando por el laboratorio, por el responsable de la mezcla del compuesto, por producción, por el departamento de logística, y también por el de departamento de administración.

Después de pasar por la unidad de mezcla y fusión, el compuesto se transporta hasta la calandra o a la unidad de extrusión. En el primer caso (calandra) se pasa por numerosos tambores, y la membrana final será vigilada por varios dispositivos electrónicos los cuales controlaran, el espesor, el calor y la velocidad, a continuación se extrae el producto y se enrolla.

La geomembrana opaca señalizadora (RENOLIT ALKORPLAN 35041) se fabrica en la maquina de extrusión/laminación donde la capa fina (señalizadora) se lamina sobre una membrana de color gris oscuro. El calor y la presión exacta es importante para recibir un laminado perfecto entre las 2 capas de membranas.

2.5. Geomembrana recomendada

El grupo RENOLIT fabrica y comercializa una completa gama de geomembranas de PVC-P, PE o PP en respuesta a una amplia variedad de aplicaciones. La experiencia ha demostrado que la geomembrana de PVC-P es la más adecuada para la impermeabilización de edificios a cielo abierto por sus excelentes propiedades mecánicas, manejo y durabilidad.

Su alta resistencia al punzonamiento es valiosa para soportar la agresión mecánica causada por la aplicación de relleno y para resistir la alta presión que se lleva a cabo en la geomembrana por el peso de la construcción: RENOLIT ALKORPLAN 35034 - 35036 - 35041.

3. CONCEPCION DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

3.1. Losa de cimentación

- Hormigón liso
- geotextil de 500 g/m²
- PVC-P geomembrana de 2,0 mm (1,5 mm)
- Geotextil de 500 g/m²
- PE lamina de 0,25 mm como capa deslizante
- Hormigón protector



Con el fin de controlar y utilizar los sistemas de reparación, se instalan water stops y tuberías de inyección.

La superficie de las áreas de control no debe superar 100 m² en la losa de cimentación

La losa de cimentación tiene que ser separado a través de water stops de la sección de la pared.

3.2. Paredes Verticales

3.2.1. Paredes Verticales con espacio para trabajar

- geotextil 500 g/m²
- PVC-P geomembrana 2,0 mm (1,5 mm)
- geotextil 500 g/m²
- capa protectora (cartón, bloques de hormigón)
- relleno



3.2.2. Pared Vertical sin espacio para trabajar

- Muro de contención
- Capa separadora (e.g. Styrofoam 4 cm o similar)
- geotextil 500 g/m²
- PVC-P geomembrana 2,0 mm (1,5 mm)
- Geotextil
- Pared de hormigón



Se usa el mismo sistema de control y reparación como para la losa. Los water stops se colocan en la articulación o simplemente cerca de la articulación entre la losa y la pared. La superficie de las áreas de control tiene que ser determinada siguiendo la situación en el terreno.

4. INSTALACION DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

4.1. Impermeabilización con espacio de trabajo

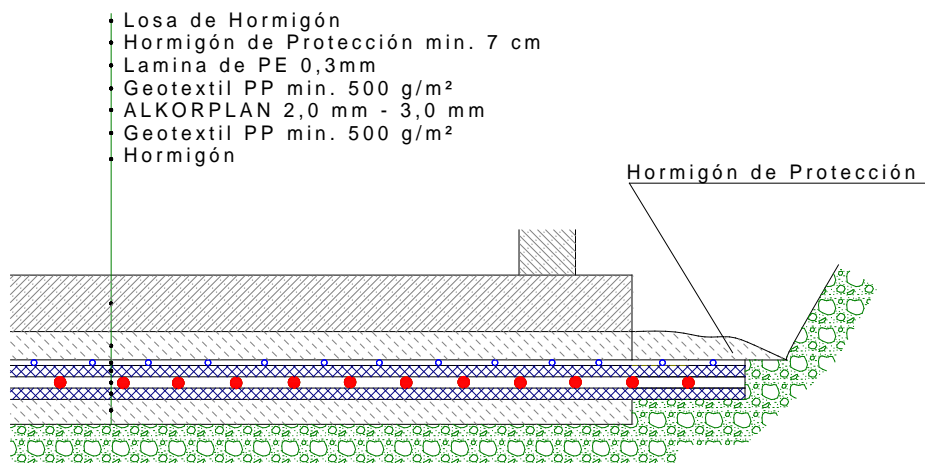
4.1.1. Recubrimiento de la losa inferior

Una vez se vierte el hormigón, se instala el sistema de impermeabilización, que consiste de:

- Geotextil PP mínimo 500 g/m²,
- Geomembrana de PVC-P de un grosor mínimo de 2, 0mm
- Capa protectora que puede ser una lámina de PVC-P de 1,5 mm a 2,0 mm o un geotextil de un mínimo de 500 g / m². Es absolutamente recomendable poner un PE-lamina en la parte superior del geotextil en el caso de que este material sea elegido como una capa de protección, para lograr un deslizamiento entre el cemento y la losa de hormigón. Además la lona de PE evita que cemento líquido penetre en el geotextil.

Esta capa protectora se instala fuera de los water-stops (si los hay), que deben permanecer libres.

- Como una última capa de protección se vierte hormigón. En caso de utilizar water stops se tiene que evitar verter hormigón encima de ellos, de lo contrario el sistema de un compartimento no funcionaría.



Losa inferior con espacio para trabajar

4.1.2. Estanqueidad entre la losa y la pared

El sistema de aislamiento pasa la losa de cemento en cada lado, con el fin de conectar el sistema de impermeabilización de la pared. El sistema de impermeabilización – pasando la losa inferior - tiene que ser protegida (hormigón poroso, por ejemplo) hasta que se construyan las paredes.

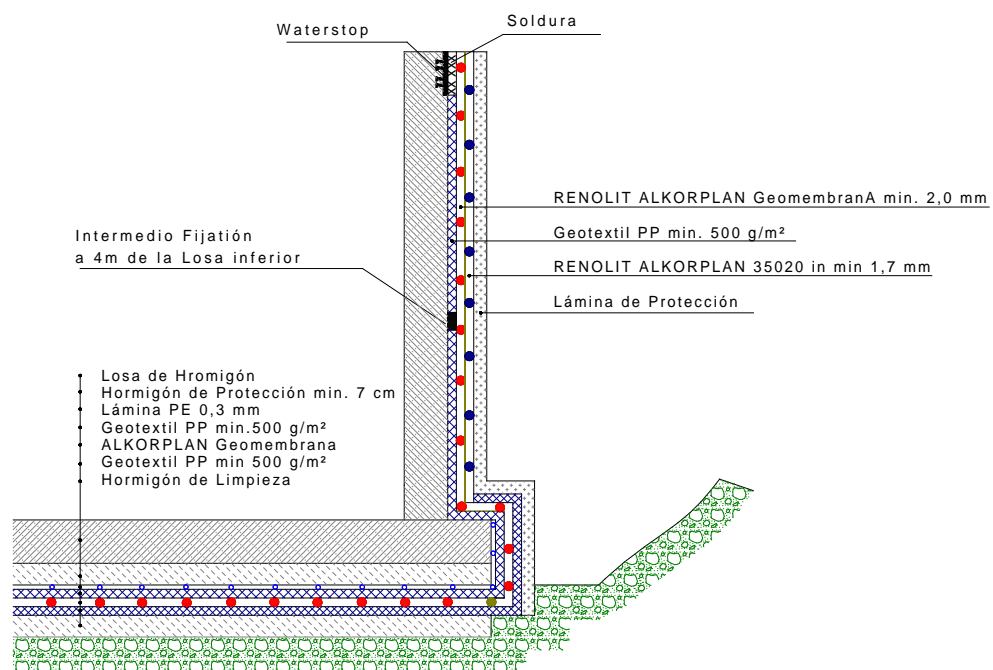
Dependiendo de la altura de la pared, esta se construirá en etapas sucesivas. Después de terminar las obras de hormigón de la pared (primera sección), el hormigón de protección (como se muestra en el dibujo de arriba) será eliminada, la conexión entre la losa de impermeabilización del sistema y la pared se puede ejecutar.

Un punto muy sensible para el revestimiento es el cambio de losa horizontal a pared vertical. Las presiones locales en las esquinas significan estrés grave, por lo tanto es muy importante trabajar en estas áreas con gran cuidado.

4.1.3. Estanqueidad de las Paredes Verticales

La fijación en la parte superior de la pared se puede ejecutar de diversas maneras. Existe la posibilidad de colocar un water stop en la parte superior del encofrado. Después del hormigonado se retira el encofrado, se limpia el water stop y se solda la membrana al water stop. Esta es una buena solución técnica que, además, crea un sistema de compartimientos.

En el caso de que se contruya la pared paso a paso y la excavación es llevada a un nivel correcto, la impermeabilización se realizará después de las obras de hormigón. Se tiene que fijar temporalmente hasta que se termine la siguiente sección de la pared. Este procedimiento continuará hasta que la obra proyectada se haya terminado. La fijación final al nivel más alto se puede hacer con la ayuda de un water stop o una fijación mecánica.



Impermeabilización del Muro

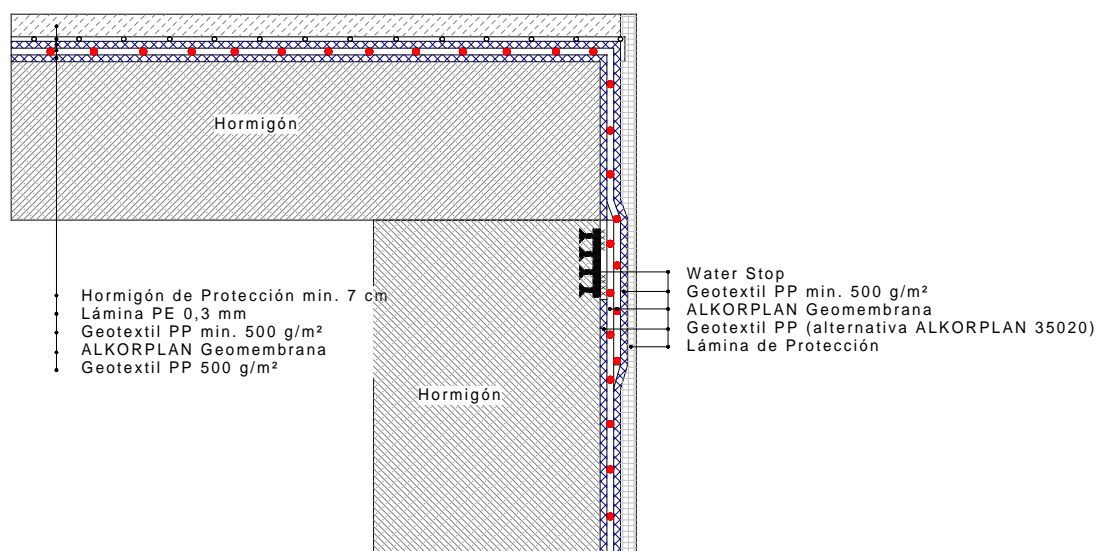
Este proceso continuará hasta alcanzar el final proyectado.



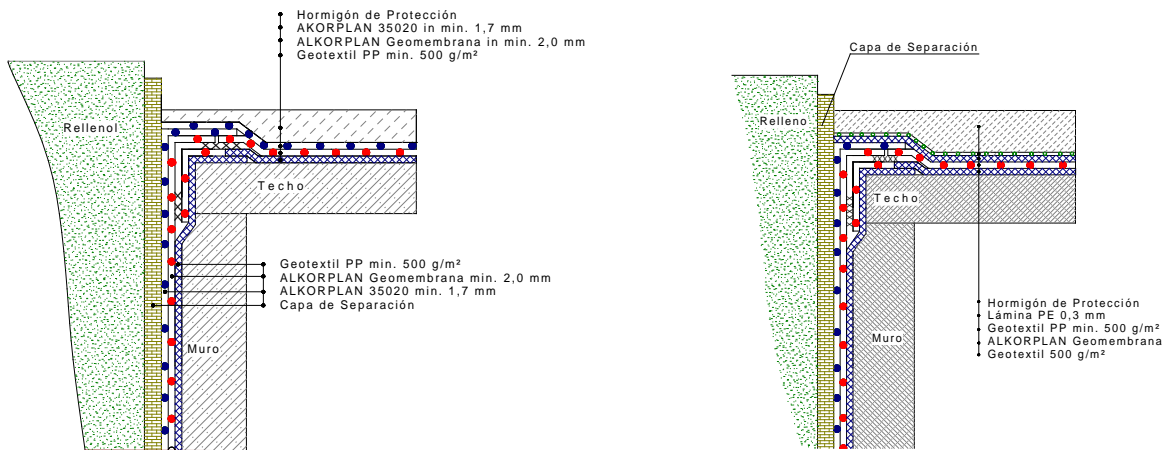
4.1.4. Impermeabilización de la losa superior

La unión entre la pared y la losa superior se puede ejecutar de diversas maneras.

Una buena solución técnica consiste en utilizar un water stop para fijar la geomembrana a la pared y hacer allí la conjunta para el revestimiento horizontal de la losa superior.



La superficie del exterior, soporte superior tiene que estar limpia y libre de escombros y piedras. El sistema de impermeabilidad es idéntico a la balsa.

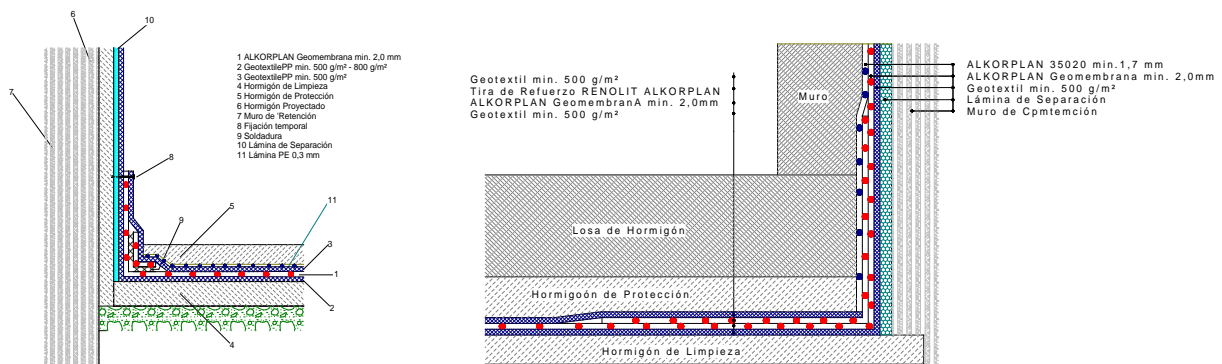


Conexión del Muro con la Losa del Techo

4.2. Impermeabilización sin espacio para trabajar

4.2.1. Impermeabilización de la losa

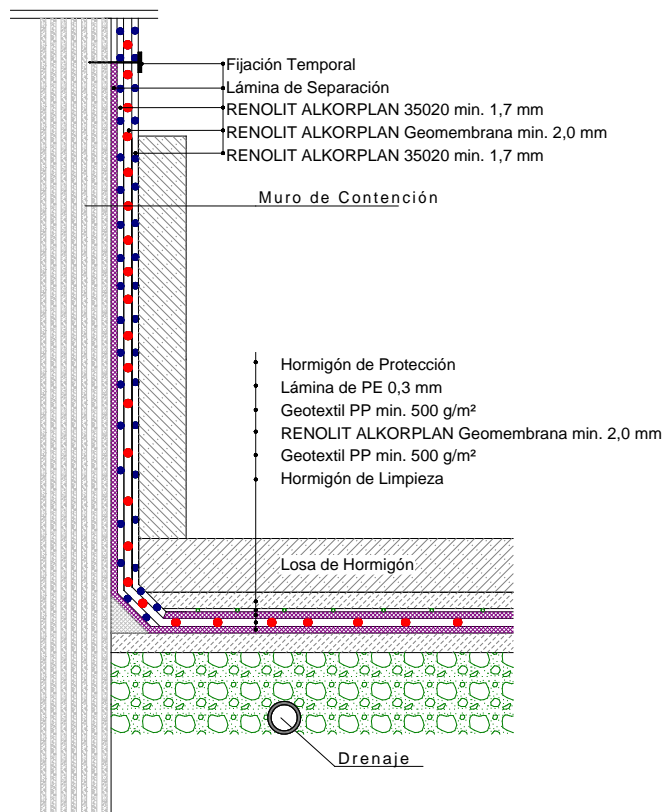
La colocación de la impermeabilización de la losa inferior sin espacio de trabajo es similar a la de con espacio de trabajo, además del punto de conexión para el revestimiento de la pared. La impermeabilización se debe fijar temporalmente al muro de contención a una determinada altura (mínimo 30 cm) para garantizar una conexión segura con la impermeabilización de la pared. La fijación temporal tiene que ser retirada antes de continuar con el hormigonado de las paredes verticales. Un geotextil debe ser instalado entre el muro de contención y la geomembrana.



La ejecución del sistema de recubrimiento entre la losa y muro

4.2.2. Impermeabilización de las paredes verticales

Los trabajos de impermeabilización se llevan a cabo antes del hormigón de la obra de las paredes de las obras. La impermeabilización debe ser llevado a la altura de la siguiente sección de hormigón de las paredes y se fija en este nivel intermedio. Cuando las obras de revestimiento continúen, la fijación temporal será retirada, la siguiente parte del sistema de impermeabilización se suelda a la membrana y se coloca sobre la superficie vertical de la sección siguiente. En el caso de que a construcción continúa de esta manera, el método descrito se repetirá (esquema sin water stops).

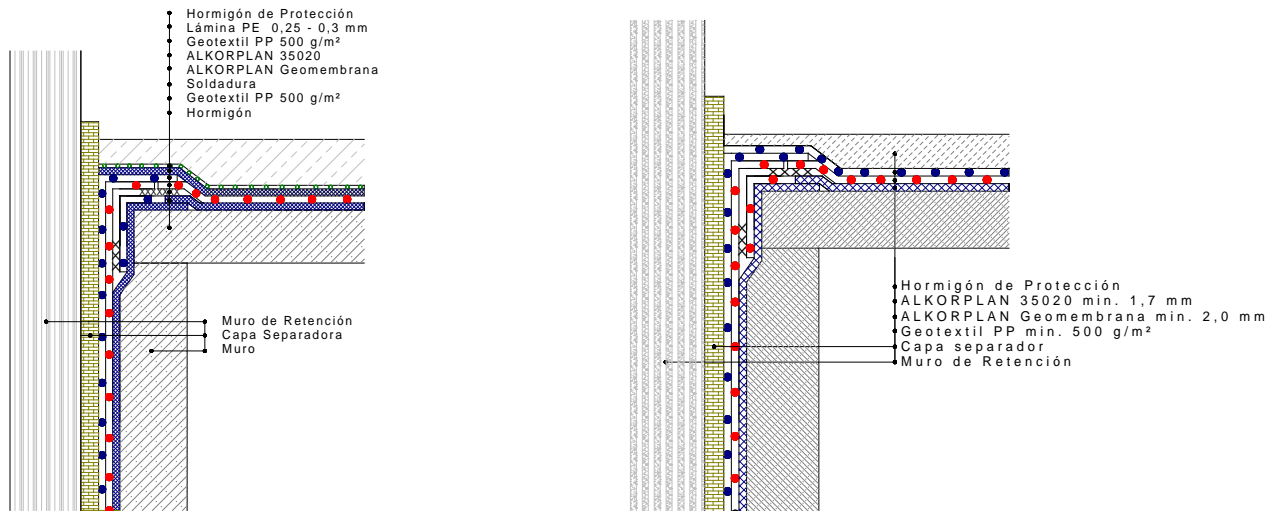


Fijación intermedia de la impermeabilización



4.2.3. Impermeabilización de la losa superior

La superficie de la losa superior tiene que estar limpia y libre de escombros y piedras, sin agujeros. El sistema de impermeabilización es idéntica a la balsa.



Conexión Muro con la Losa del Techo sin espacio para trabajar

5. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN

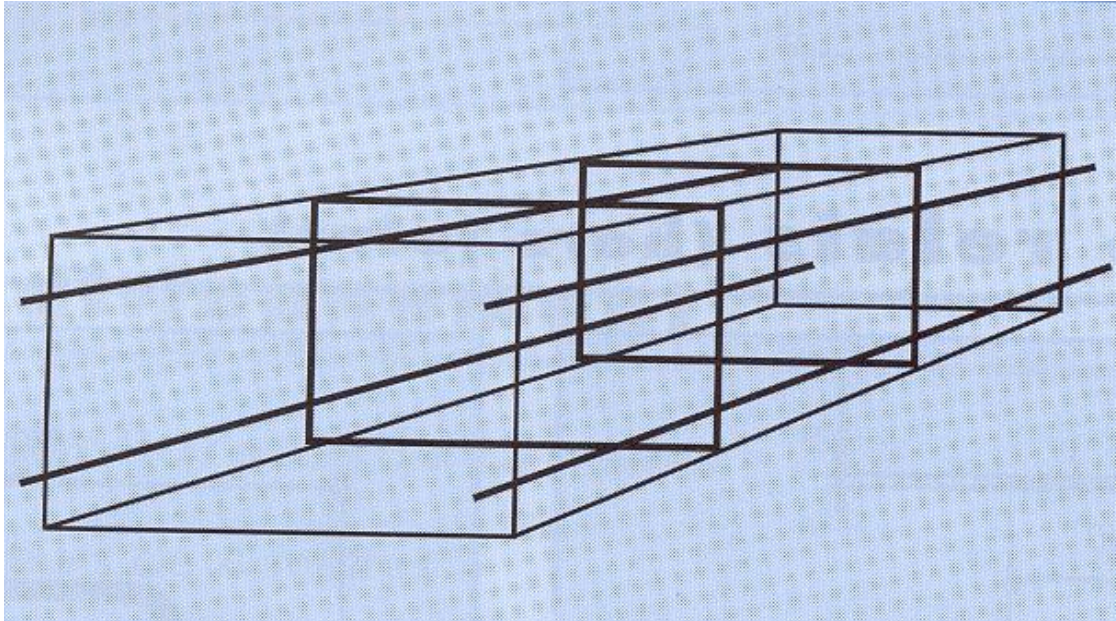
Este sistema ayuda a reducir los trabajos de reparación en caso de daños. El water stop, soldada a la geomembrana, divide el sistema de impermeabilización en compartimentos que limitan la extensión de la infiltración de agua. La superficie de un compartimento no debería superar los 100m².

Los anclajes de los water stops tienen que estar bien integrados en el hormigón con el fin de detener cualquier propagación de un compartimento a otro.

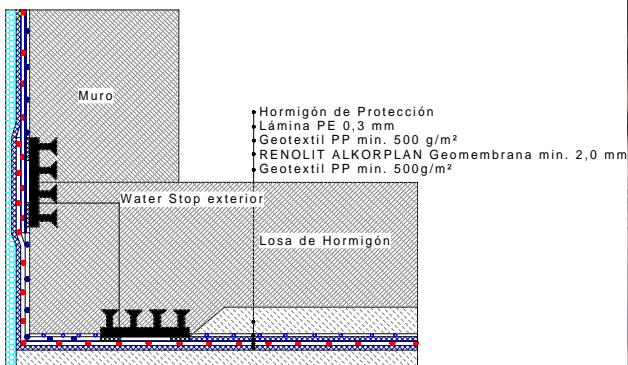
Los water stops de PVC-P se han soldado a la geomembrana (con soldadura automática para superficies horizontales).

A través de estos compartimentos se puede determinar con precisión la zona de fuga a una cierta superficie limitada. En combinación con un sistema de inyección, la reparación de una fuga en un compartimento se puede llevar a cabo sin dañar la geomembrana, lo cual también mantiene el coste a un nivel razonable.

En función de las juntas (juntas de trabajo o juntas de dilatación) se tiene que usar un water stop externo o una expansión del water stop.



Esquema de compartimentos en túneles a cielo abierto



Ejecución del sistema de impermeabilización con water stops externos

6. MATERIAL

6.1. Geomembrana

La elección de la geomembrana se debe hacer según la tarea que debe cumplir la geomembrana (PVC-P, PP o PE).

Las geomembranas de PVC-P son el material más adecuado para la impermeabilización de túneles y cimentaciones, debido a su excelente rendimiento mecánico y su buena resistencia química.

Durante los últimos 40 años se han formulado todo tipo de membranas de PVC-P, y

debido a las normas existentes en Europa dos tipos finalmente conquistaron este difícil mercado.

En los países de habla alemana la membrana „signal layer“ (capa señalizadora bicolor) se convirtió en la elegida.

En Francia y otros países mediterráneos la membrana translúcida fue elegida como el material mas adecuado para este sector tan importante de impermeabilización.

6.1.1. Sistema con signal layer (capa señalizadora)

El objetivo de la membrana "signal layer" es detectar fallas y fugas a través de una capa muy delgada. La capa señalizadora debe ser la cara superior de la membrana con un color fuerte brillante, y a su vez muy delgado (menos de 0,2 mm en el DS 853) para que el color oscuro de la membrana de debajo se pueda ver en el caso de un impacto mecánico. Las dos capas tienen que estar fabricadas con la misma materia prima, para evitar cualquier deslaminación.

La capa señalizadora se puede producir de dos maneras:

- Por calandra una capa de señal de 0.2mm laminada a la geomembrana
- Mediante impresión

6.1.2. Sistema translúcido

El uso de una membrana translúcida permite tener buen control visual de la soldadura (continuidad y combustión).



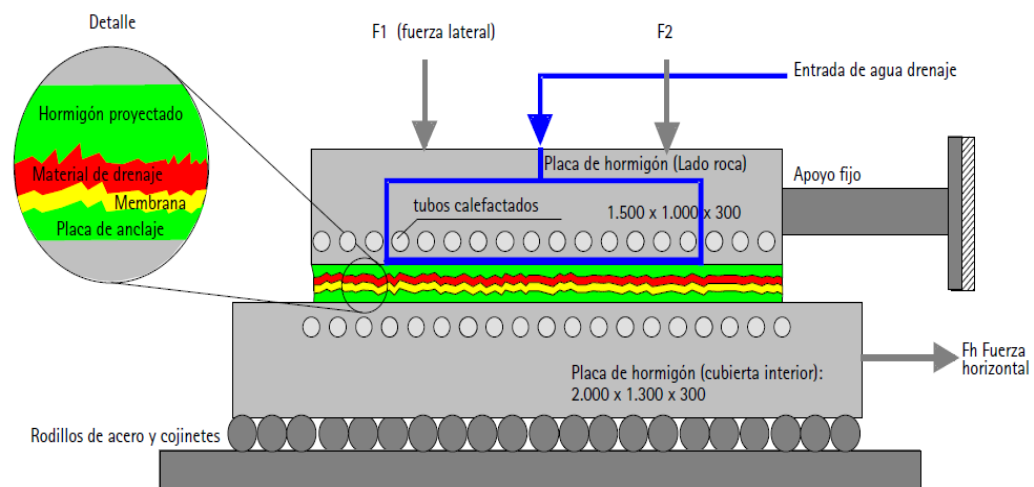
Esta imagen muestra visualmente que la soldadura es de buena calidad. La soldadura es más transparente que el área del canal de prueba; pero a la vez las marcas negras al principio de la soldadura demuestran que, o bien la temperatura era muy alta, o que no se había limpiado la cuña caliente adecuadamente. En tal caso, una investigación especial sobre la calidad de la soldadura en esta área se puede realizar inmediatamente. Con una membrana opaca estos defectos no se verían.

La doble soldadura puede ser controlada con presión del aire, así como con

líquidos de colores. La ventaja de este método consiste en detectar de inmediato el lugar donde la soldadura ha fallado.

6.1.3. Resistencia de la membrana de PVC-P RENOLIT ALKORPLAN bajo presión:

- Intensas pruebas para el túnel de St. Gotthard en Suiza (Proyecto de NEAT) muestra la alta cizalladura / y la resistencia a la compresión de la membrana de PVC-P RENOLIT ALKORPLAN 35036 traslúcida con un espesor de 2mm, incluso bajo alta presión:
 - Carga de 2Mpa
 - Movimiento horizontal de 3mm



Esquema del corte del dispositivo de compresión / desgarro con la posibilidad de calentar y drenar, la placa superior (fija) corresponde al hormigón proyectado del soporte del túnel

Fuente: The Sealing of Deep-seated Swiss Alpine Railway Tunnels – New Evaluation Procedure for Waterproofing Systems – NEAT AlpTransit

- El laboratorio alemán SKZ demuestra que la membrana de PVC-P RENOLIT ALKORPLAN 35036 traslúcida de 2mm de espesor tenía un comportamiento excelente bajo presión. (EN ISO 604):
 - Esfuerzo de compresión, a 20% de compresión, es de 13.3MPa, cuando el mínimo requerido es de 2.5MPa;
 - Compresión a 2.5MPa esfuerzo de compresión, es de 7.5% cuando se requiere un 20% máximo.
- El instituto francés CETE demuestra que el sistema de impermeabilización compuesto de geotextil 700g/m² + geomembrana RENOLIT ALKORPLAN 35036 2mm + capa protectora RENOLIT ALKORPLAN 35020 2.0 mm ofrece una resistencia a la perforación dinámica superior a 8.5J (capítulo 67 título III de C.C.T.G.)

6.2. Geotextil

6.2.1. Producto

El geotextil debe ser de polipropileno. El geotextil de poliéster tiene que ser evitado debido a la hidrólisis del poliéster a causa de la alcalinidad del hormigón. El cemento recién aplicado ataca al geotextil de poliéster y después de cierto tiempo el mismo se disuelve completamente.

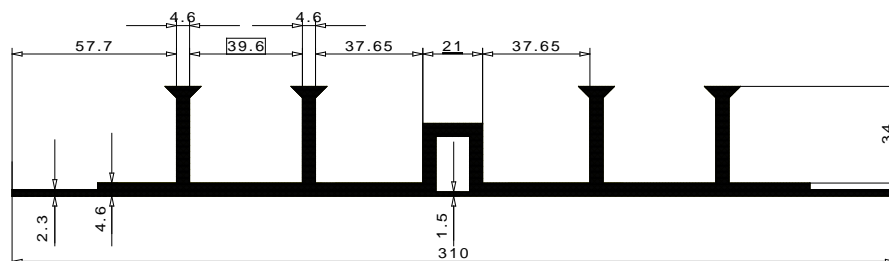
6.2.2. Datos técnicas

Características	NORMAS	UNID AD	Especificaciones
Peso de superficie	(EN ISO 9864)	g/m²	500 +-10%
Espesor Nominal en 20kPa	(EN ISO 9863-1)	mm	≥ 3.0 +-20%
Fuerza de tracción L&T	(EN ISO 10319)	kN/m	≥ 32 -10%
Alargamiento a carga máxima	(EN ISO 10319)	%	≥ 80% +-20%
Prueba de punción estática (CBR)	(EN ISO 12236)	kN	>= 6.2 -10%
Prueba Dinámica de punción (ensayo caída de cono)	(EN 918)	mm	4 +20%
Prueba Dinámica de punción (ensayo caída de cono)	(EN ISO 13438)	Pronóstico de durabilidad mínima de 25 años para todas las aplicaciones en terreno natural con 4<pH<9 y la temperatura del suelo <25°C	

6.3. Water stops

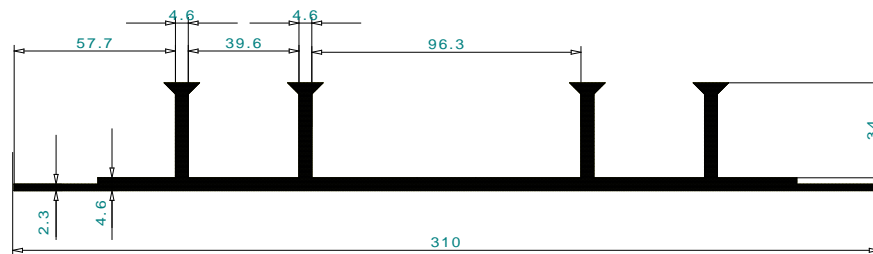
6.3.1. Water stop para las juntas de dilatación

Este water stop se pone en todas las juntas de dilatación en la construcción de túnel o cimentaciones. En caso de movimientos importantes en la construcción, la burbuja del medio es capaz de romper en la parte delgada del fondo siguiendo el movimiento sin perder estanqueidad.



6.3.2. Water stop para juntas normales

Este tipo de water stop es utilizado para crear un sistema de compartimentación.



6.4. Dispositivos de inyección

Además de los water stops, se soldaran puntualmente dispositivos de inyección a la membrana. La tarea dichos dispositivos de inyección es la de ofrecer la posibilidad de inyectar material impermeabilizante líquido con el fin de cerrar las infiltraciones o fugas de la membrana. Estos líquidos o resinas se basan principalmente en dos componentes de acrílico o poliuretano. Los dispositivos de inyección pasan por la capa de hormigón y están siempre accesibles en caso de fallo del sistema de estanqueidad.

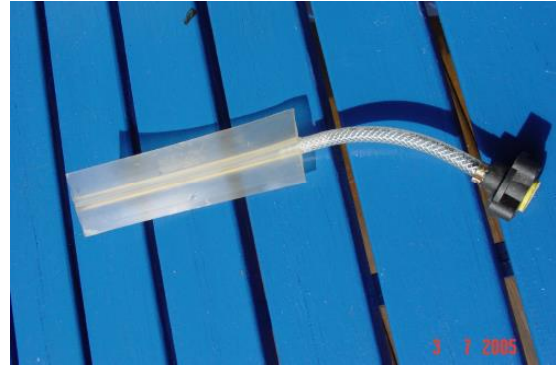
El trabajo de inyección es una tarea difícil y tiene que ser llevada a cabo por expertos. La inyección de resina tiene que ser presionado a través de las tuberías de inyección entre la geomembrana y el interior del hormigón. Muy importante es la mezcla de la resina de dos componentes, ya que tiene que permanecer líquida el tiempo suficiente para extenderse sobre toda la superficie del compartimiento, por un lado, y por otro lado tiene que endurecer rápidamente para que no se evacue por la infiltración del agua.

Hay dos tipos de sistemas diferentes de inyección disponibles:

- Tubería de inyección
- Tubo de inyección



Tubería de inyección



Tubo de inyección

6.4.1. Tubería de inyección

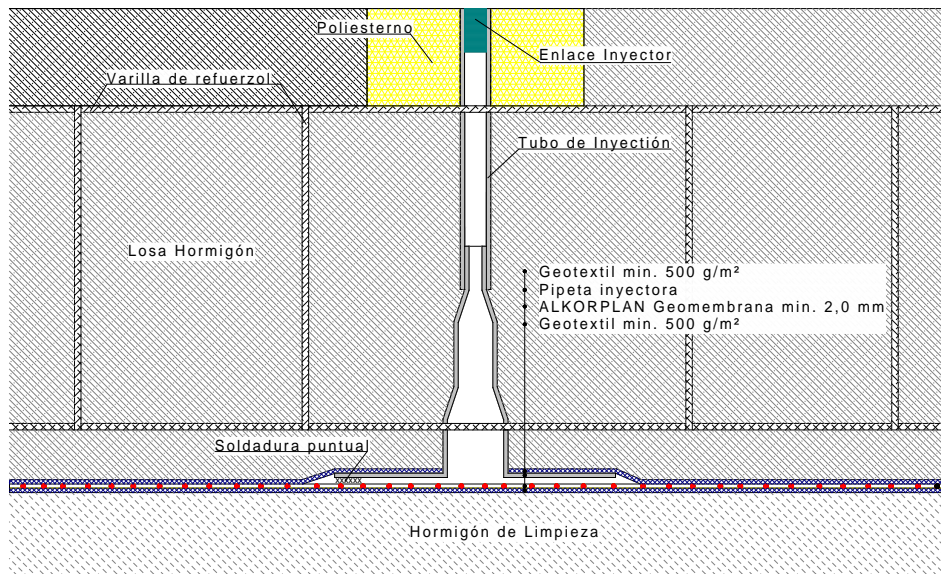
El tubo de inyección es una manguera a la que se suelda un tubo de PVC-P a través de THF. El tubo tiene que resistir una presión de al menos 6 a 8 bares. No se usará ningún dispositivo metálico para evitar el peligro de perforación de la membrana.

La pieza de salida del tubo de inyección tiene que estar integrada en un dispositivo seguro, de la superficie del hormigón.



Entrada protegida de la tubería de inyección

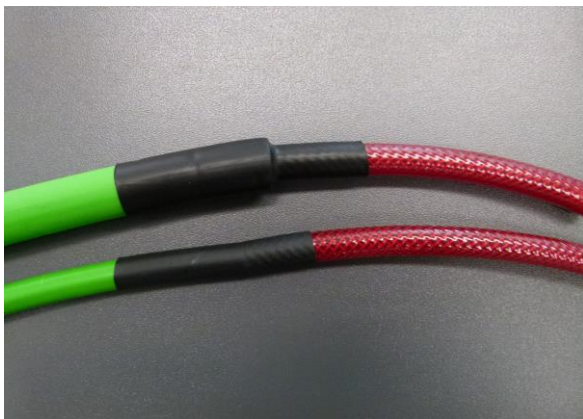
Sistema de Inyección



Tubería de inyección soldada en un punto concreto en la membrana

6.4.2. Tubo de inyección

Dispositivo de inyección alternativo: tubos de inyección soldados en puntos específicos de la geomembrana.



Tubo de inyección soldado a la membrana



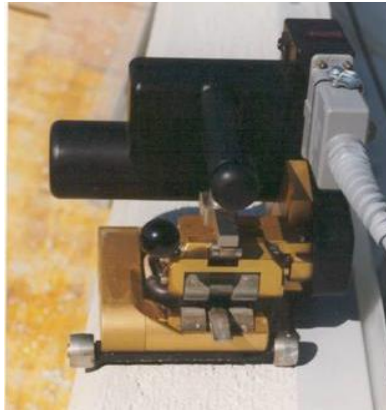
Tubo de inyección

6.5. Herramientas de soldadura

6.5.1. Maquina de soldar de cuña caliente

Este tipo de máquina trabaja con una cuña de calor eléctrica. Encima y debajo de la cuña hay dos rodillos de presión que trabajan de forma independiente.

La cuña caliente se guía entre las membranas superpuestas; los dos rodillos de presión avanzan la máquina a una velocidad determinada. Temperatura, presión y velocidad se ajustan antes de ejecutar la soldadura final. La máquina está completamente guiada electrónicamente. A consecuencia de los cambios de temperatura, la guía electrónica ajustara la temperatura dependiendo de las condiciones. Las pruebas han demostrado que la soldadura ejecutada por una máquina de cuña caliente ofrece un resultado de casi un 100%.

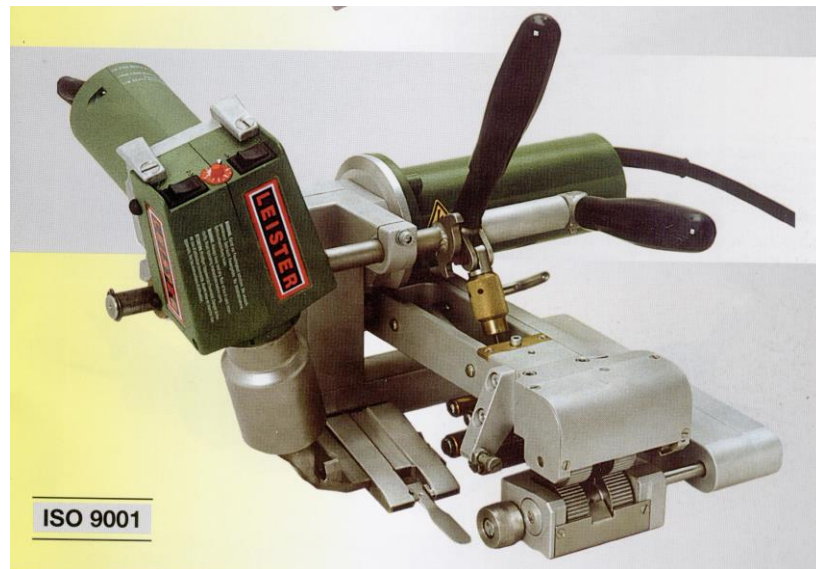


Máquina automática de soldadura de cuña caliente

6.5.2. Máquina automática de soldar de aire caliente

La máquina es una combinación de cuña caliente / una máquina de soldadura de aire caliente.

La temperatura de aire caliente, la presión y la velocidad de soldadura son ajustables y se controlan electrónicamente.



Máquina automática de soldadura de aire caliente

6.5.3. Soldador manual

El soldador manual usa aire caliente y es indispensable para proyectos debajo de la tierra. Todos los detalles constructivos se deberán soldar con esta tipología de maquina.



7. CONTROL Y PRUEBA DE LA IMPERMEABILIDAD

Los trabajos de impermeabilización tienen que ser controlados con cuidado, ya que la menor fuga puede causar graves problemas en el futuro, por lo tanto, todas las uniones ejecutadas in situ o en prefabricación tienen que pasar unas pruebas.

7.1. Control de la doble soldadura a través de la presión del aire

La soldadura con máquina automática produce un canal de comprobación. Después de terminar el trabajo de soldadura las uniones tienen que ser probadas a través de la presión del aire, o por medio de un líquido de color que también tiene que ser introducido a presión en dicho canal.

El canal de aire está cerrado en ambos lados 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. La presión tiene que ser de 2 bares y no se puede reducir más del 20% debido a la capacidad de elongación del material de PVC-P, en 15 minutos, y con una temperatura exterior de 30 ° C.

En el caso de un fallo la presión disminuye.

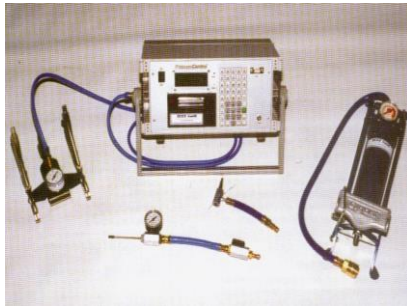
En el caso de pruebas con líquidos de colores, la fuga de la soldadura se puede detectar inmediatamente, ya que se derramará a través de la soldadura.

En el caso de una soldadura defectuosa, esta tiene que ser reparada cuidadosamente con soldadura manual.

Después de hacer una prueba con éxito, se suelda un trozo de PVC-P sobre el agujero de penetración de la aguja de prueba.

Cada trabajo de soldadura se tiene que comprobar de esta manera anotando la hora, fecha y la presión al principio y al final de la prueba.

Esta información se transcribe en un protocolo diario, que se firma por el ingeniero de control, el contratado y el instalador.



Dispositivos de Control



Doble unión

7.2. Control de soldadura manual

Un tubo de acero conectado a un compresor con un diámetro de 3 a 4 mm se traza a lo largo de la unión bajo una presión de 5 bares.

Las fugas se detectan inmediatamente a través de la burbuja de aire en desarrollo debido a la presión del aire aplicado.



8. CONCLUSION

La instalación de sistemas de impermeabilización de túneles bajo la presión del agua es una sofisticada pieza de ingeniería. Sólo una instalación precisa puede llevar al éxito. El más mínimo error permitiría que entre el agua, entre la geomembrana y entre la capa de hormigón en el interior.

El instalador no puede ser el único responsable para garantizar el éxito de un sistema de impermeabilización en tales circunstancias, hay demasiados riesgos de daños después de que haya culminado su trabajo.

El contratista tiene la obligación de ejecutar las obras de la misma manera profesional y

cuidado que el instalador para ofrecer un túnel seco.

Esta es una tarea difícil y por consiguiente pueden suceder fallos en el sistema de estanqueidad. Por lo tanto, un sistema de reparación está previsto desde el principio a través de la integración del sistema de compartimentación con tuberías de inyección. Se ofrece una oportunidad real para cerrar las fugas en el sistema de impermeabilización.

