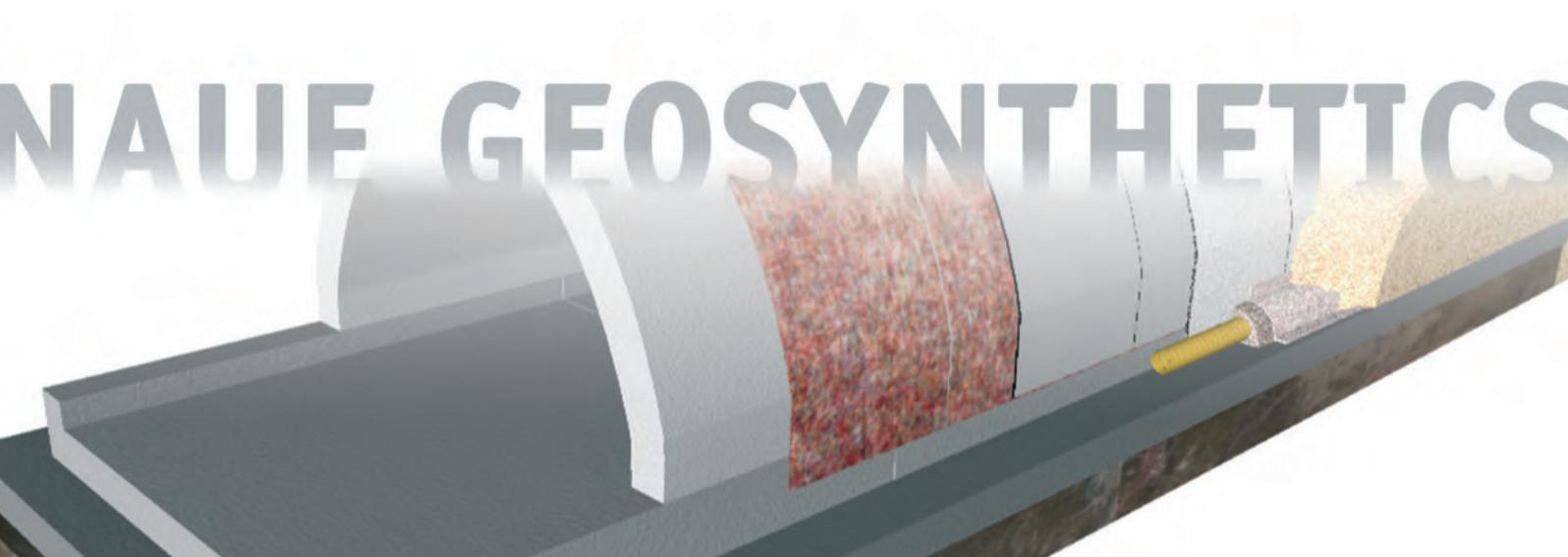


Construcción de Tuneles



Construcción de tuneles

Cada vez más los túneles para tráficos modernos se planean para una vida de servicio funcional de más de 100 años. Por esta razón, deben estar muy bien protegidos contra los efectos del agua subterránea y la penetración de agua a través de las fisuras de rocas. Las especificaciones de construcción y sellado son igualmente estrictas, especialmente con respecto a la vida de servicio requerido.

El nivel de presión hidrostática y la agresividad del agua determinan el alcance de la protección requerida para la construcción de las medidas de la estructura subterránea. Además, por razones ecológicas, hay un deseo en aumento para limitar el drenaje del agua de montaña. Existe un amplio rango de oportunidades, técnicas y económicas, para seleccionar el sistema de protección más adecuado. Cada túnel requiere de una solución específica; dependiendo de los detalles de construcción, agresividad variante del agua, sección de transición de agua in situ bajo presión y agua de filtración.



Fig. 1: Área del portal del túnel

El sellado hace más que solamente proteger estructuras importantes contra la corrosión. La adecuación del túnel (por ejemplo, prevención de formación de hielo) así como la estabilidad misma requiere una protección contra la humedad.

En comparación con los costos totales involucrados en la construcción de un túnel, los costos involucrados en proporcionar una impermeabilización funcional son bajos – pero la ventaja a ganar si es importante. El sellado protege y resguarda la estructura. Reduce los costos de mantenimiento y reparaciones. Por lo tanto, la impermeabilización es una parte importante en la construcción de cualquier túnel.

Se puede lograr una operación de un túnel a largo plazo y sin problemas con bajos costos de operación y mantenimiento con un sistema de sellado instalado-



Fig. 2: Sellado de arco, usando geomembrana de túnel Carbofol®

profesionalmente. Además, un sistema de sellado del túnel contribuirá activamente a la protección ambiental, a pesar de la necesidad de la construcción del túnel evitando interferencia con el balance de agua hidrológico de la montaña. El sistema de sellado también evita el daño ambiental de los aceites o sustancias químicas que puede ocurrir debido a accidentes de tráfico.



Fig. 3: Geomembrana de túnel en el área de piso

Estos requerimientos importantes se satisfacen de manera confiable y económica con el sistema de sellado a prueba de agua de NAUE. NAUE ofrece sistemas de una sola fuente completos para la construcción de túneles, desde su fabricación hasta la instalación, incluyendo total aseguramiento de calidad.

Funciones de los geosintéticos

Sellado



Básicamente, los sistemas de sellado tienen dos funciones en la construcción de túneles de tráfico modernos. Desvían el agua de la montaña del túnel y protegen la estructura de soporte de partículas potencialmente agresivas en el agua. Este sellado y función de protección debe permanecer intacto durante la vida de servicio del túnel. Para lograr esto, las geomembranas, particularmente las fabricadas de poliolefinas flexibles, se usan en un espesor de hasta 4 mm. El tipo de sistema de sellado seleccionado dependerá de factores tales como geología, hidrología y esfuerzos en el sistema de sellado. El esfuerzo será ocasionado por la presión del agua o del agua filtrada y/o agresividad del agua de montaña.

Protección



Las geomembranas deben protegerse contra daño mecánico potencial. Sin una capa de protección, la geomembrana se puede dañar debido a la superficie rugosa del concreto lanzado de la capa transportadora de sellado o debido a una instalación no profesional de la capa de concreto al acero de refuerzo. Los geotextiles no tejidos (tal como Secutex®) se usan como capa de protección entre el soporte y la geomembrana. También se puede usar una geomembrana adicional de 3 mm de espesor, como Carbofol®, como protección para el sistema de sellado instalado en el área de piso.

La ventaja que tiene la geomembrana de protección, Carbofol®, comparada con el concreto es que se puede instalar de forma económica y sistemática a medida que avanza la impermeabilización contra el agua. También existe el potencial para tener un aseguramiento de calidad contra daño en toda el área con una capa señalizadora de color claro de Carbofol®. Sin embargo, el concreto reforzado se debe de usar si el área de piso soportará tráfico.

Drenaje



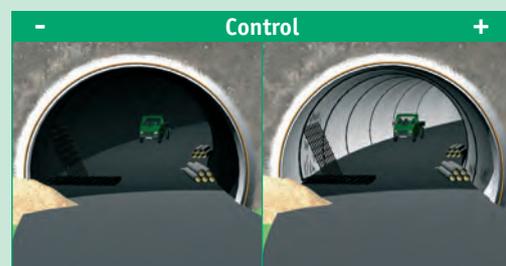
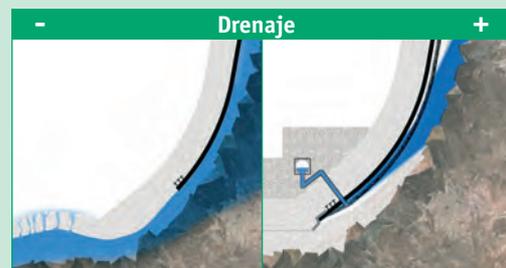
Para estructuras de túnel que se diseñan para drenaje, el elemento de drenaje (tal como Secudrain®) debe sobrevivir a toda la vida de servicio del túnel.

Las plantillas de drenaje de túnel de geosintético que se instalan en toda el área, desviarán el agua de montaña que fluye hacia el túnel de tal manera que la operación del túnel no se altere o impida. La recolección y drenaje del agua deben permanecer intactos durante toda la vida de servicio del túnel. Los geotextiles no tejidos con función de drenaje, redes y plantillas de drenaje son las más adecuadas para este requerimiento ya que también proporcionan protección así como la función de drenaje.

Control



Con el fin de asegurar que el daño accidental a las geomembranas se hace visible durante la construcción, las geomembranas se proporcionan con una capa señalizadora con la parte hacia arriba de aproximadamente 0.1 mm de espesor. Esta capa señalizadora proporciona un control de toda el área de la geomembrana de sellado y, al mismo tiempo, proporciona una clara mejoría de las condiciones de iluminación en el túnel.



Materiales de sellado y su producción

Para renovar un sello de túnel se requiere una gran cantidad de esfuerzo técnico y una inversión financiera masiva.

Para evitar que esto ocurra, es bueno seleccionar productos y sistemas de sellado que aseguren una eficiencia a largo plazo.

Geomembranas Carbofol® para construcción de túneles

Los materiales geosintéticos fabricados a partir de polietileno (PE), los cuales son altamente resistentes a las sustancias químicas y ecológicamente seguros al ambiente, cumplen con los requerimientos más altos. Las geomembranas de túnel Carbofol® consisten de PE-VLD (polietileno – muy baja densidad) o PE-LLD (polietileno – densidad lineal baja). Debido a la selección cuidadosa de la resina, las geomembranas de túnel Carbofol® son altamente flexibles y libres de plastificante.

La selección de materiales depende principalmente de la vida de servicio esperada y de la composición del agua de montaña y del agua subterránea colindante. Los elementos de sellado deben ser lo suficientemente flexible que cuando la pared interior de concreto se esté vaciando, se ajusta sobre toda la superficie de la capa transportadora de sellado. Los esfuerzos resultantes del proceso de construcción y operación deben absorberse sin excepción. Se deben de tomar en cuenta los requisitos nacionales para las geomembranas y debe ser posible procesar el material de forma segura y sensible.

Por esta razón, las geomembranas de túnel Carbofol® hechas por NAUE cumplen con los siguientes criterios:

- Buen comportamiento mecánico con alta flexibilidad.
- Estabilidad dimensional.
- Extraordinariamente buen desempeño contra las altas temperaturas y líquidos agresivos.
- Puntea la formación de fisuras espontáneas en el concreto sin perder su funcionalidad.
- Seguridad del pie.
- Resistencia contra roedores.
- Ecológicamente seguras y por lo tanto ambientalmente racionales.
- Buen comportamiento durante el envejecimiento y muy buena durabilidad (vida de servicio esperada de >100 años)
- Clasificación contra fuego E de acuerdo con ISO 11925-2 y/o EN 13501-1
- En caso de incendio, no emite cloro ni ácido clorhídrico. Cuando se quema el PE, produce dióxido de carbono no tóxico y agua.
- Libre de solventes y plastificantes.
- Libre de compuestos de cloro.
- Adecuadas para el agua potable.
- Características de soldado óptimas.
- Capa señalizadora blanca, reflejante.
- Certificadas de acuerdo con la directriz alemán RIL 853 y ZTV tunnel (túnel).

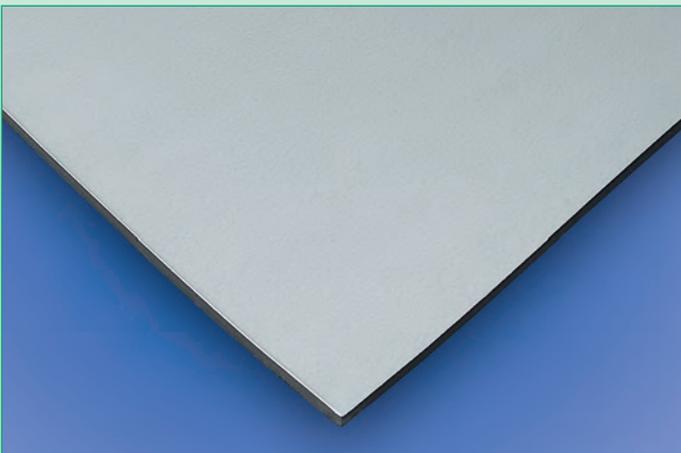


Fig. 4: Geomembrana de túnel Carbofol®

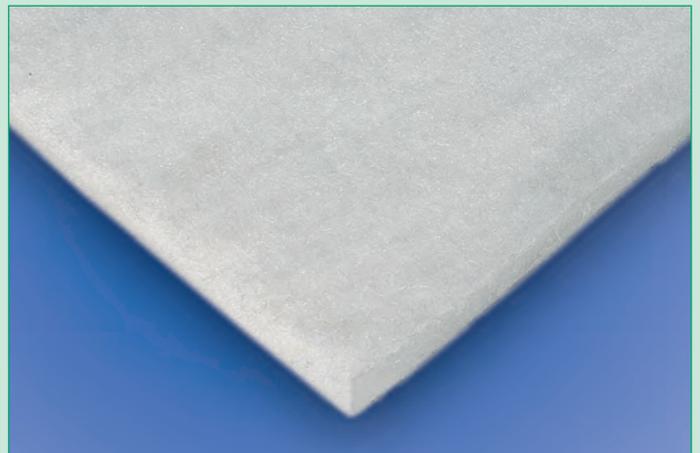


Fig. 5: Geotextil no tejido Secutex®

Producción

Toda la materia prima para la producción de geosintéticos que se usa en la construcción del túnel está sujeta a un aseguramiento de calidad entrante intenso y estricto.

Las especificaciones acordadas con los proveedores se revisan en la planta y solamente después de su liberación por parte de aseguramiento de calidad se aceptará la materia prima para producción.

Se pretende que esta capa señalizadora muestre inmediatamente cualquier daño que pudiera ocurrir durante la construcción. Durante la producción se realizan medidas de control de calidad adicionales con cada producto, el cual tiene su propio plan específico. Los resultados de los controles de calidad se documentan en un certificado de inspección final de acuerdo con EN ISO 10204.



Fig. 6:
Producción de la
geomembrana de
túnel Carbofol®

Las geomembranas de túnel se producen con una máquina extrusora plana en un ancho estándar de hasta 2.08 m. Por lo general, la geomembrana de túnel Carbofol® se produce con una capa señalizadora.

Las geomembranas de túnel se producen con una máquina extrusora plana en un ancho estándar de hasta 2.08 m. Por lo general, la geomembrana de túnel Carbofol® se produce con una capa señalizadora.

Desde diciembre de 1994, el desarrollo, producción, venta e ingeniería geotécnica de geosintéticos de NAUE GmbH & Co. KG se han certificado de acuerdo con EN ISO 9001 : 2000. Esta certificación se valida de forma regular mediante auditorías programadas.

Los requerimientos del cliente se implementan completamente dentro de la compañía, debido al sistema de manejo de calidad integrado.



Fig. 7: Prueba de tensión en geomembranas Carbofol® (ISO 527)



Fig. 8: Prueba de rotura de un Carbofol® de acuerdo con EN 14151

Sistemas de sellado Carbofol®

En principio, se hacen distinciones en la construcción de túneles entre un sellado contra presión de agua y contra agua de infiltración. Para el agua de infiltración, se puede usar una geomembrana de túnel Carbofol® con un espesor de 2 mm como sello sombrilla. La solución requerida para la aparición de agua hidrostática, el uso de un sellado en todas partes (360°) con un sistema de separación.

Esto ocasiona los siguientes sistemas de sellado

1. Sistema de sellado de agua de infiltración (SWA)

“Túnel drenado”

La estructura se protege contra agua mediante la geomembrana de túnel Carbofol® con un sistema de sellado tipo sombrilla (Fig. 9). Este sistema descarga el agua de infiltración entrante sin presión sobre el drenaje longitudinal al pie de la estructura. Si el agua de infiltración corresponde a la clase XA3 (“altamente agresiva”), se debe instalar una geomembrana de una sola capa de 3060° para proteger contra la corrosión.

2. Sistema de sellado de presión hidrostática (DWA)

Sellado “360°” con juntas escarzadas”

Cuando la presión del agua hidrostática está presente, se recomienda usar un concreto impermeable al agua protegido con la geomembrana de túnel Carbofol® (Fig. 10), especialmente si la clasificación del agua de infiltración corresponde a la clase de exposición XA3 (“altamente agresiva”).

Con el fin de limitar el daño potencial y confirmar el área dañada, los segmentos de concreto se sellan adicionalmente con juntas externas.

3. Sistema de sellado de presión hidrostática con sistema de inyección integrado (DWA-I)

Sellado “360°” con separación escarzada incluyendo dispositivos de inyección, para inyección después del esfuerzo de presión hidrostática

Para presiones hidrostáticas de columna de agua de más de 10 m, se planea un sistema de inyección integrado para opciones de reparación meta (Fig. 11). El sistema de sellado corresponde a la construcción de un sistema de presión hidrostática (DWA).

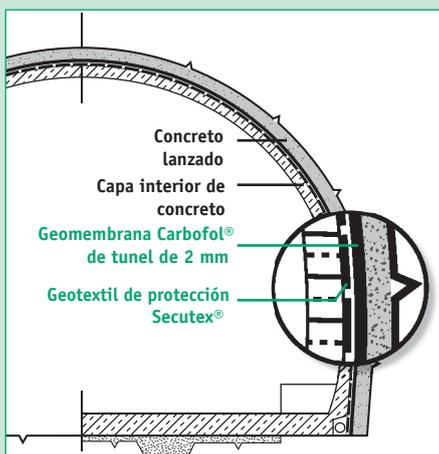


Fig. 9: Sellado contra filtración de agua (sellado tipo paraguas).

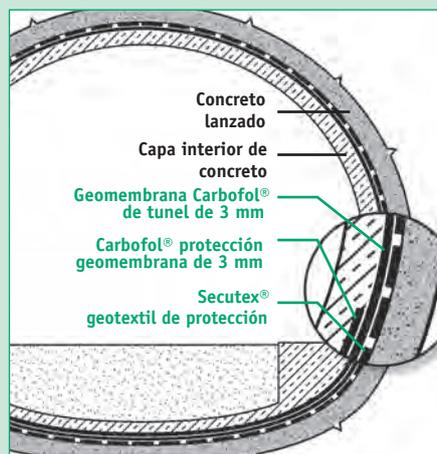


Fig. 10: Sellado contra presión hidrostática del agua sin un sistema de inyección.

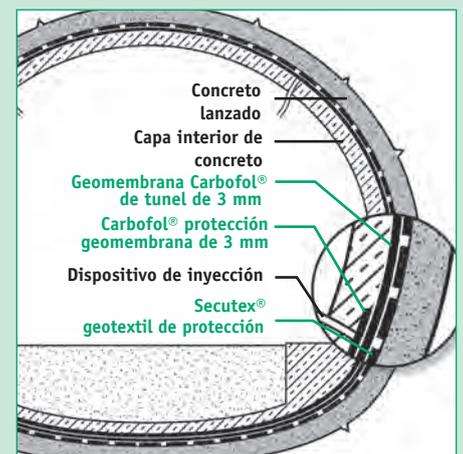


Fig. 11: Sellado contra presión hidrostática del agua con un sistema de inyección.

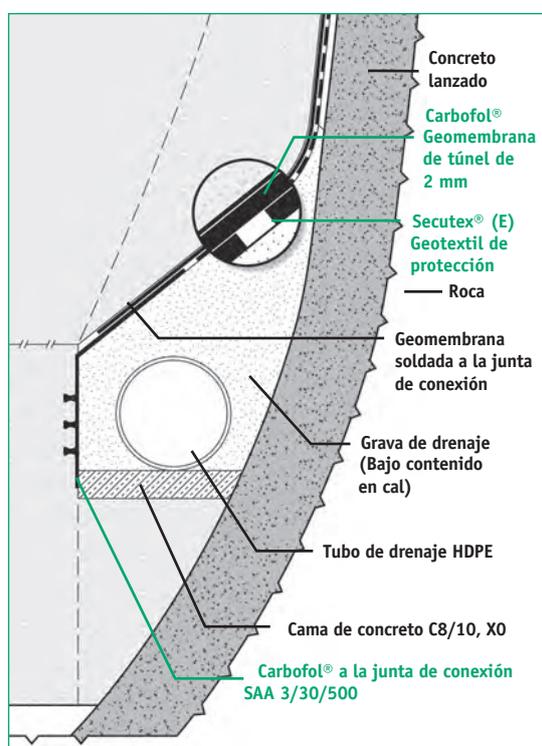
Sistema de sellado de agua de infiltración Carbofol® (SWA) Túnel drenado

El sistema de sellado Carbofol® se realiza con una geomembrana de túnel Carbofol® de 2 mm de espesor de acuerdo con la sección transversal en la Fig. 12 (de adentro hacia fuera).

- Muro interior
- Geomembrana de túnel Carbofol® de 2 mm con capa señal
- Secutex® R 551-B2 (≥ 500 g/m² o ≥ 900 g/m²) que cumple con la clasificación de fuego (E)
- Concreto lanzado

Para la conexión del sellado al área de drenaje, se presenta la solución: Se pretende que los sistemas de drenaje recolecten el agua y la descarguen lejos de la-

Fig. 12:
Detalle de
seguimiento:
Sellado de Drenaje



estructura del túnel. Las estructuras drenadas del túnel se construyen usando corte y cubierta o técnica de minado. No se espera que se acumule el agua cuando el sistema de drenaje ya está planeado y construido con cuidado.

Los siguientes criterios se requieren para planear un sistema de drenaje:

- Minimizar el contenido alcalino en el concreto lanzado y grava de drenaje.
- Tuberías de drenaje HDPE con un diámetro \geq DN 200, superficie interior suave, suficiente capacidad de descarga hidráulica.
- La tubería de drenaje debe diseñarse para la presión resultante de todo el sistema.
- Anchos de ranuras en la tubería de drenaje de 5-6 mm.
- La grava de drenaje y proceso de instalación deberá ajustarse al tamaño de las ranuras de drenaje.
- Revisar ejes y sistemas de tubería de drenaje para que se acepten para el monitoreo por parte de cámaras móviles y para el lavado.

Se debe mencionar que construir un túnel con un sellado contra infiltración de agua constituye una interferencia con el suministro de agua circundante y por lo tanto debe de autorizarse por las autoridades apropiadas.

Las estructuras del túnel construido de acuerdo con el método de minado con un sistema de sellado de concreto impermeable pero sin geomembrana no logra el sellado clase I de acuerdo con Ril 853 y ZTV-Ing.

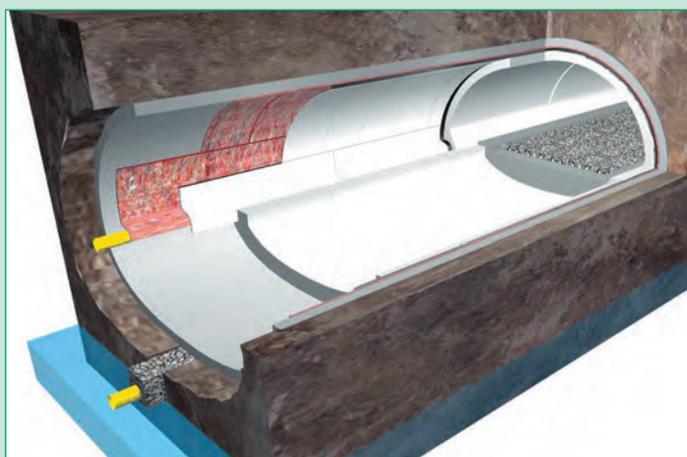


Fig. 13: Sellado contra filtración de agua usando la técnica de minado

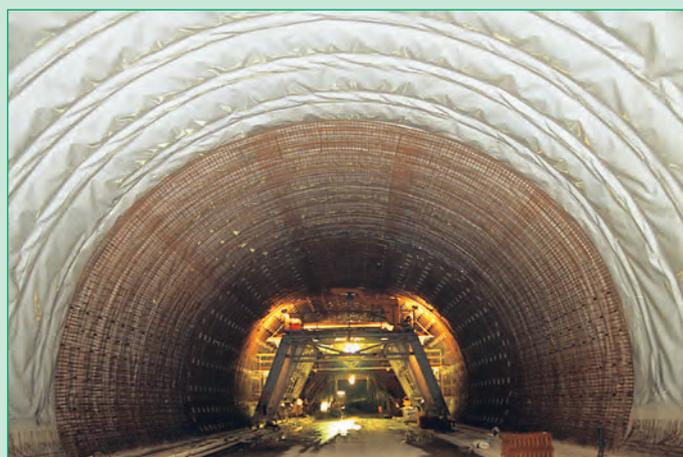


Fig. 14: Instalación de geomembrana de túnel Carbofol® entre el refuerzo de concreto, el muro interior y el concreto lanzado

Presión de agua hidrostática Carbofol® con juntas escarzadas (DWA)

Columna de agua

El principal componente del sistema de sellado incluye una geomembrana de túnel Carbofol® de 3 mm de espesor, la cual se instala como una sola capa circunferencial para resistir la presión de agua hidrostática. Se crea un aseguramiento de calidad, efectivo y visual, de toda la hoja mediante una capa señalizadora reflectora ligera en el lado de la geomembrana de túnel Carbofol® que da hacia el interior del túnel.

Para protegerse contra el daño mecánico, los geotextiles Secutex® se instalan de cara hacia la montaña. Los geotextiles no tejidos, perforados con aguja, son necesarios para la protección particularmente para sistemas de sellado de una sola capa de alta calidad.

Dependiendo de la condición de la superficie y de la presión del agua, pudiera ser necesario instalar los geotextiles Secutex® no tejidos que tiene una masa más alta por unidad de área que los recomendados en los estándares y directrices.

Las directrices de construcción recomiendan lo siguiente (de adentro hacia fuera):

- Muro interior de concreto
- Geomembrana de túnel Carbofol® de 3 mm
- Secutex® R 551-B2 (500 g/m² o Secutex® R 1001-B2 (≥ 900 g/m²) que cumple con la clasificación de fuego (E)
- Concreto lanzado

Los bloques de segmentos de concreto se sellan con seis juntas escarzadas Carbofol®. Esto restringirá el movimiento del agua a otros segmentos en caso de ocurra algún daño en un segmento.

Se instala una geomembrana de protección Carbofol® de 3 mm de espesor en el área de piso para proteger el sellado del piso (ver Fig. 19).

Uniones de bloque

Las juntas escarzadas circunferenciales entre segmentos tienen, esencialmente, las siguientes funciones:

- a) Restringir el flujo de infiltración en caso de una filtración
- b) Protección de las geomembranas de túnel Carbofol® de la carcasa delantera y de la presión de los bordes del concreto
- c) Limitar la filtración

Las seis juntas escarzadas Carbofol® cumplen estas funciones con seguridad y confiabilidad. Es posible tener un soldadura homogénea del travesaño de las geomembranas de túnel Carbofol® con las juntas usando la misma materia prima para ambos productos.

Las juntas se proporcionan con un sistema de inyección adicional para la remoción de aire durante el vaciado del concreto o para posibilidades de inyección retroactivas.

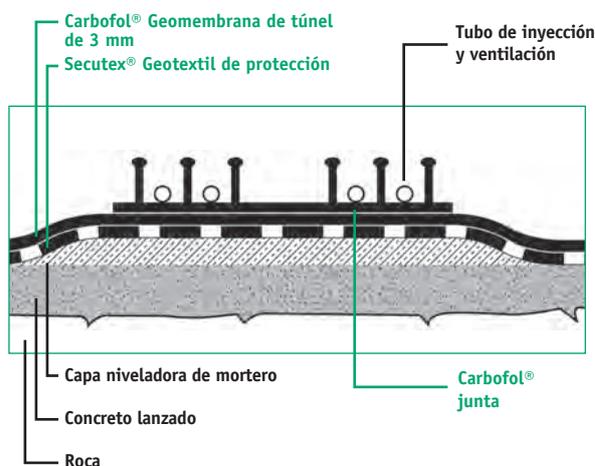


Fig. 15: Carbofol® junta con tubos de inyección.

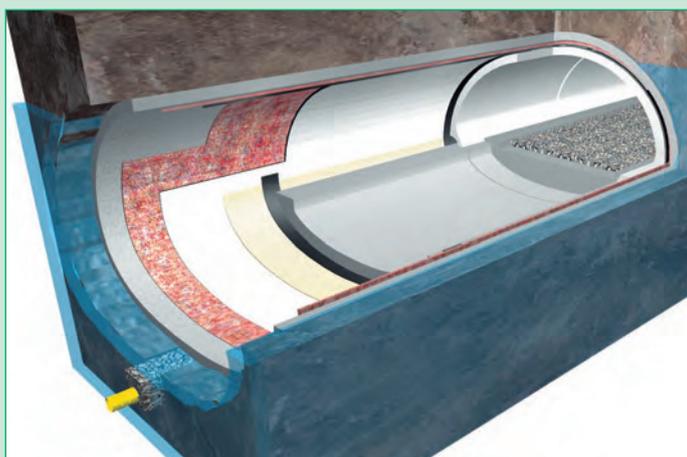


Fig. 16: Sellado "360°" con juntas escarzadas.

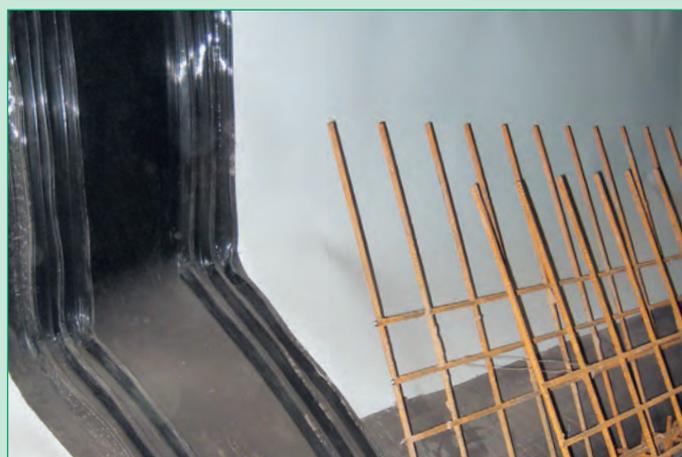


Fig. 17: Juntas escarzadas en la sección de unión.

Sistema de sellado Carbofol® contra presión de agua hidrostática con sistema de inyección integrado (DWA-I)

Para el sistema de Carbofol® DWA-I, el diseño básico es idéntico al del sistema DWA (página 8). Además, tiene integrado un sistema de inyección que permite el sellado retroactivo.

Las conexiones de inyección integradas permiten el sellado de:

- Daño potencial causado por una construcción subsecuente (por ejemplo, instalación de un reforzamiento de acero)
- Reforzamiento de acero expuesto debido a un mal vaciado del concreto (nidios de concreto)

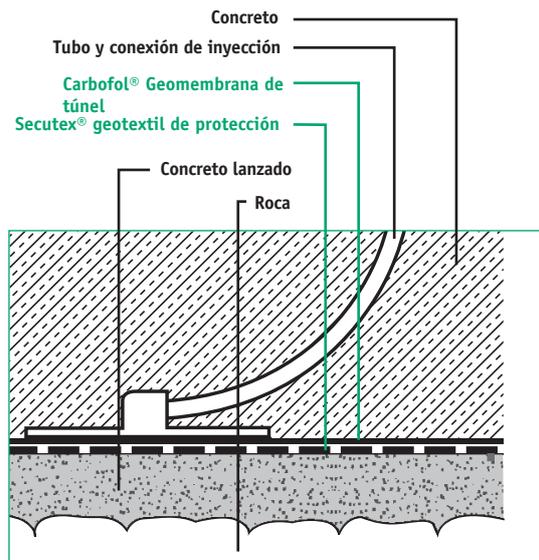


Fig. 18: Conexión de inyección con tubo en Carbofol - Geomembrana de túnel

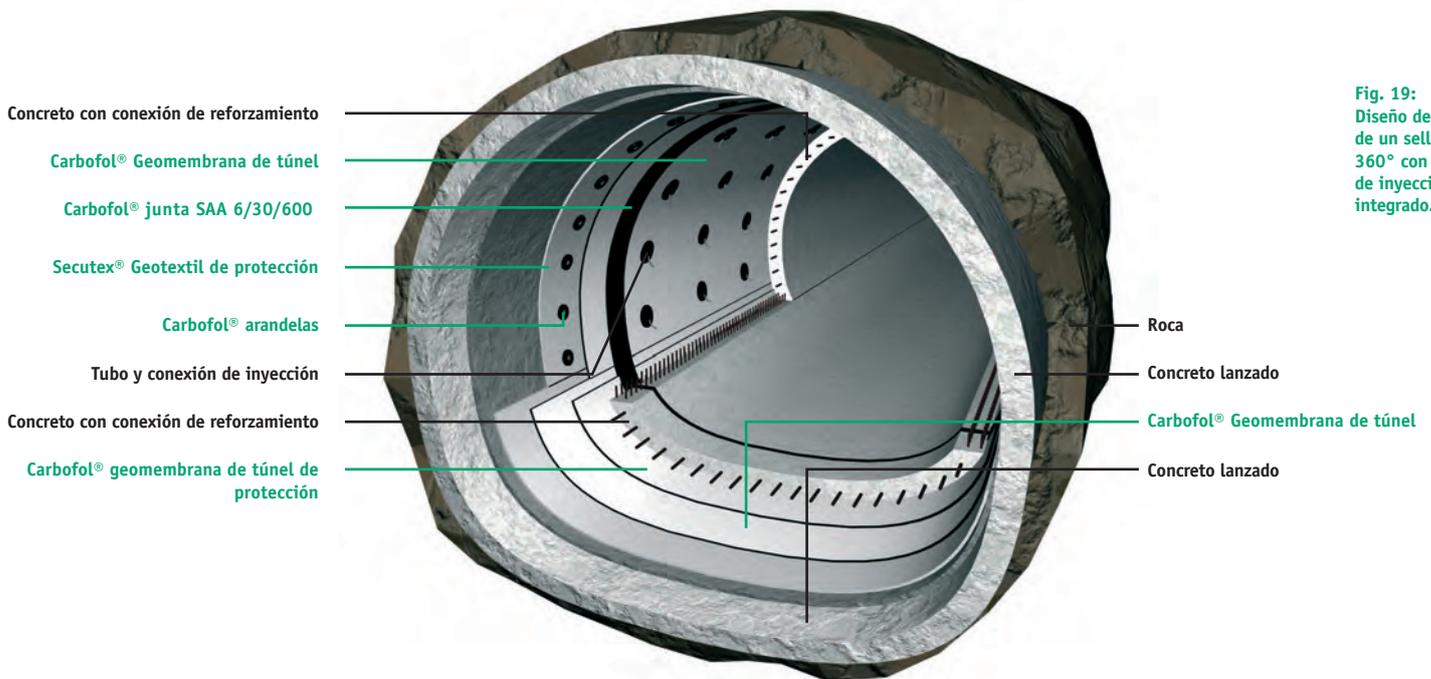


Fig. 19: Diseño del túnel de un sellado de 360° con sistema de inyección integrado.

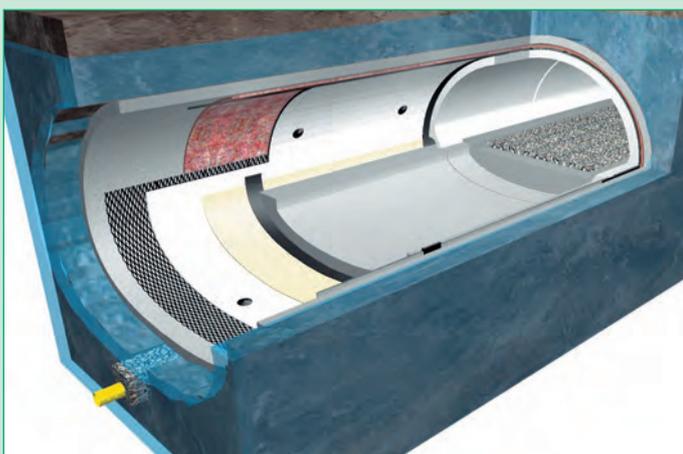


Fig. 20: Sellado "360°" con sistema de inyección integrada.



Fig. 21: Sellado "360°" en un tubo de conexión.

Sistema de sellado y de drenaje Carbofol® - Corte y construcción de cubierta, incluyendo sellado del portal

En contraste con la técnica de minado de un túnel, el método de cortar y cubrir se realiza a cielo abierto. La geomembrana de túnel Carbofol® se coloca de forma suelta en el geotextil de protección Secutex®, el cual se instala primero en la capa transportadora de sellado (concreto de construcción), el cual debe ser suave y estar libre de cavidades y crestas. Un segundo geotextil Secutex® protector se coloca (también de forma suelta) encima de la geomembrana de túnel Carbofol®.

Los reglamentos de construcción del método cortar y cubrir requieren que la superficie de sellado se instale sobre la superficie exterior del túnel como sigue:

- Muro de concreto (sistema transportador de sellado)
- Capa de protección Secutex® (geotextil)
- Geomembrana de túnel Carbofol®
- En el piso, capa de protección Secutex®, si se requiere, sistema de drenaje geosintético Secudrain®
- Material de relleno

Sellado contra agua de infiltración (SWA), capa sencilla.

El geotextil Secutex® se instala como una capa de protección debajo de la geomembrana de túnel Carbofol®. Esto evita cualquier posible daño del muro de concreto. La geomembrana de túnel Carbofol® es una capa sencilla, al menos de 2 mm de espesor y está fija de forma longitudinal a la estructura del túnel, usando perfiles de conexión. NAUE recomienda una geomembrana de túnel Carbofol® con capa señalizadora, de manera que se pueda detectar un posible daño a la superficie de la geomembrana de túnel Carbofol®, tal como el que podría producirse por las operaciones de llenado.

El trabajo de llenado puede ocasionar daños no intencionales a la geomembrana de túnel Carbofol®. Por esta razón, la geomembrana de túnel Carbofol® de protección, con un espesor de 3 mm, proporcionará una excelente protección contra los altos esfuerzos durante las operaciones de llenado. La capa reflectora Carbofol® es benéfica, de manera que las inspecciones visuales en las áreas dañadas se pueden realizar inmediatamente. Por lo general, debido al llenado, las capas de protección deben dimensionarse más gruesas en la construcción con el método de cortar y cubrir que cuando se usa la técnica de minado. Se pueden usar sistemas alternativos, tales como el uso de geotextiles de protección Secutex®, sistema de drenaje con geosintéticos Secudrain®, etc.

Sellado contra la presión del agua (DWA)

En este caso, la geomembrana de túnel Carbofol® tiene un espesor de 3 mm. El piso de Carbofol® y el arco de Carbofol® se sueldan juntas y la junta de expansión se suelda a ambas geomembranas de forma horizontal.

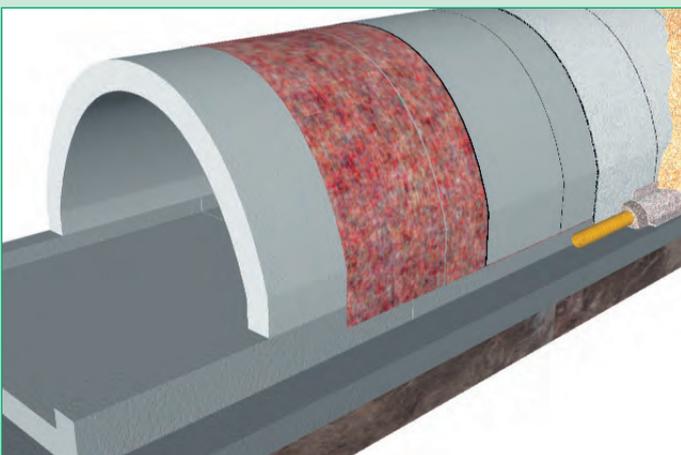


Fig. 22: Sellado contra infiltración de agua en la construcción con el método de cortar y cubrir.



Fig. 23: Área de portal con geomembrana de túnel Carbofol®

Requerimientos para el sistema transportador de sellado

La capa de formación de concreto lanzado, que sirve simultáneamente como el soporte de apoyo y de fijación para el sistema de sellado, es un criterio importante para el funcionamiento de la membrana de sellado en la construcción de túneles con el método de técnica de minado. El sistema transportador de sellado se debe de construir de tal manera que se asegure una conexión de interfase plena sin que la geomembrana este sobre-esforzada o sin que se doble.

El muro de concreto lanzado de 5 a 15 cm de espesor, que puede ser mucho más grueso, dependiendo de las condiciones geológicas, asegura que:

- La estabilidad de la montaña minada se puede asegurar de manera temporal.
- Se pueden cubrir bordes, crestas, roturas, protuberancias de los cuerpos ancla, arcos de soporte y suspensiones.

Por lo tanto, el muro de concreto lanzado debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Espesor ≥ 5 cm
- Tamaño máximo de partícula de 8 mm, si es posible, Nivelado en una capa base (0 – 16 mm) y capa de cubierta (0 – 8 mm)
- Diferencia de elevación de ≤ 20 cm
- Muro Suficiente estabilidad dimensional
- Radio de redondeo $N_a \geq 5a$
- Distancia al punto L bajo y alto $L \geq 5a$

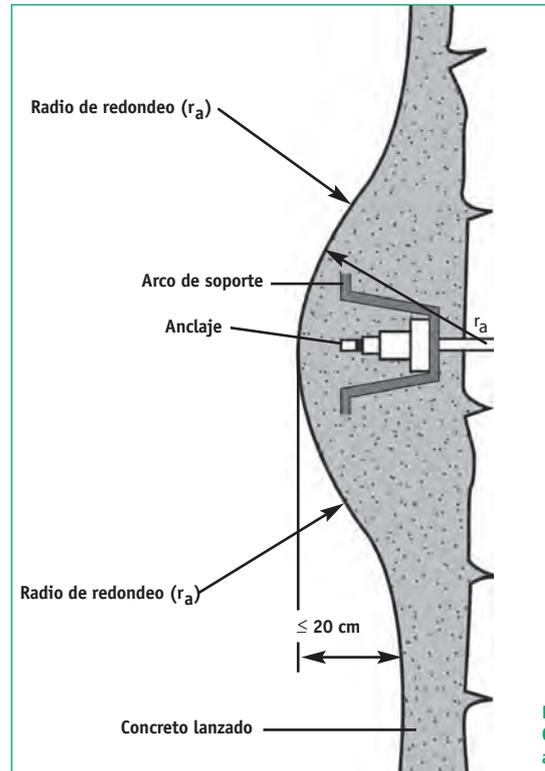


Fig. 24: Construcción del apoyo de concreto lanzado.

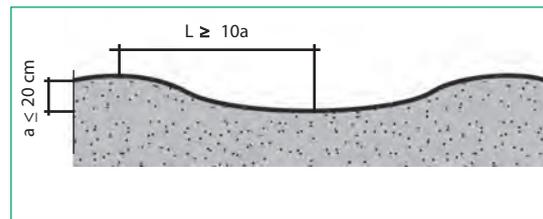


Fig. 25: Unión del geotextil de protección Secutex® en el muro lateral de la capa transportadora de sellado.



Fig. 26: Asegurando el geotextil de protección Secutex® (área de arco)

Instalación de sistemas de túnel Carbofol®

Sellado del piso

Al usar Carbofol como sistema de sellado del piso (es decir: en aplicaciones de presión hidrostática de agua), se instala una protección Secutex® no tejida como capa de protección para evitar la tensión mecánica. Se adhiere Secutex® a la construcción portadora, usando arandelas Carbofol®, para evitar su movimiento y corrimiento.

Después se instala la geomembrana de túnel Carbofol® en el piso ligeramente curvado. Para evitar el corrimiento de la geomembrana de túnel Carbofol®, se suelda contra las arandelas Carbofol®.

Se recomienda que las geomembranas para túnel Carbofol® tendidas en el área del piso se instalen aproximadamente a 1 m por encima del extremo superior de las barras de reforzamiento del piso de concreto. Esto permite soldar correctamente el sellado del piso al sistema de sellado del arco.

Fig. 27: Unión del geotextil de protección usando arandelas Carbofol®



Se realiza un soldado extra de la geomembrana de túnel Carbofol® entre Carbofol® y las juntas en las uniones de bloque escarzado.

Luego de la inspección de calidad y la aceptación de todo el trabajo de soldadura, se instala y se hace soldar una geomembrana de protección Carbofol® de 3 mm de espesor con una capa señalizadora. El extremo de la geomembrana de túnel Carbofol® del piso también se debe soldar a la geomembrana de protección Carbofol® para evitar que sobresalga cualquier suspensión de cemento entre las capas.

Sellado de los arcos

La geomembrana de túnel Carbofol® para el sellado de los arcos y las paredes laterales del túnel se instala de forma radial al eje de la estructura usando un andamio móvil y se suelda a la unión de conexión del drenaje o al sistema de sellado del piso.

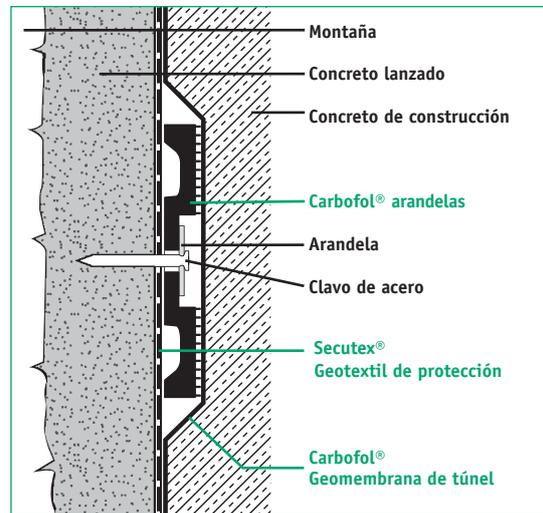


Fig. 28: Unión de la geomembrana (estado final).

Durante el primer paso del proceso, la protección Secutex® o los tapetes geosintéticos de drenaje Secudrain® se unen al sistema de sellado portador de concreto lanzado con una pistola de perno, usando clavos de acero y arandelas Carbofol®.



Fig. 29: Instalación de la geomembrana de túnel Carbofol® en el arco.



Fig. 30: Soldado de la geomembrana de túnel Carbofol® usando una máquina de soldadura de cuña en caliente.

Las geomembranas para túnel Carbofol se posicionan trabajando desde el andamio instalador y se sueldan con aire caliente a las arandelas. Las arandelas tienen un punto de quiebre predeterminado, de modo que en caso de una tensión mecánica excesiva la rasgadura no ocurrirá en la geomembrana. El grosor de la geomembrana del túnel no se debe minimizar por tal evento.



Fig. 31: Geomembranas de túnel Carbofol® sobre un andamio de arco.

Soldadura y métodos de prueba

La soldadura se puede realizar independientemente del estado (aspereza, ondulaciones) del sistema transportadores de sellado. Sin embargo, los requisitos básicos son: una temperatura ambiente de por lo menos 5°C y una humedad relativa menor del 80%.

Fig. 32: Soldando una junta a la geomembrana de túnel Carbofol®



Uno de los trabajadores a cargo de la instalación coloca el dispositivo de soldado de peso ligero entre las geomembranas para túnel Carbofol® a soldar y monitorea constantemente el ancho del traslape requerido de las geomembranas. La soldadura homogénea de la geomembrana de túnel Carbofol® se realiza con máquinas de soldar de cuña caliente que crean un canal de prueba entre dos costuras soldadas que corren en forma paralela. La doble costura creada se prueba con aire a presión. También se realizan pruebas adicionales para comprobar la resistencia mecánica de la costura.

Por lo regular, la prueba de todas las costuras se realizan al final del día de trabajo.



Fig. 33: Prueba de presión de aire de una costura de soldadura de cuña doble



Fig. 34: Soldando una junta a la geomembrana de túnel Carbofol®

Marcaje CE

Marcado CE obligatorio

Desde el primero de octubre de 2002 se hizo obligatorio el marcaje CE para geosintéticos (excepto para tapetes de control de erosión). El marcaje CE certifica que un producto corresponde a las directrices europeas de especificación del producto para aplicaciones y funciones específicas (separación, filtración,-

reforzamiento, sellado, protección y drenaje). NAUE realizó lo necesario para poner en vigor el marcaje CE obligatorio.



Juntas Carbofol®

Las juntas Carbofol® se usan en la construcción de túneles para sellar las uniones de bloques, crear secciones escarzadas y permitir conexiones entre las geomembranas. Las geomembranas de túnel Carbofol® y las juntas Carbofol® se fabrican con materiales similares, de modo que se puede lograr una soldadura permanente y sin problemas entre juntas y una geomembrana Carbofol®.

Juntas – Instalación e incorporación al concreto

del arco, es absolutamente necesario que se permita el uso de tubos de inyección de aire.

Los tubos de purga e inyección de aire cumplen con las siguientes funciones:

- Ventilación de áreas entre las juntas para garantizar que están completamente incorporadas en el concreto y evitar las filtraciones.
 - Inyección de cemento fino y resinas por los tubos de inyección para poder sellar con seguridad potenciales flujos de agua en caso que ocurra algún daño.
- El sellado de los bloques sólo es posible si las juntas fueron completamente incorporadas en el concreto.



Fig. 35: Sistema de juntas en el área de eje.

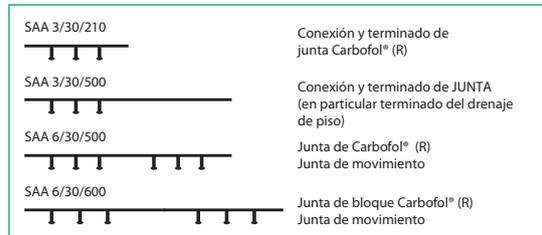
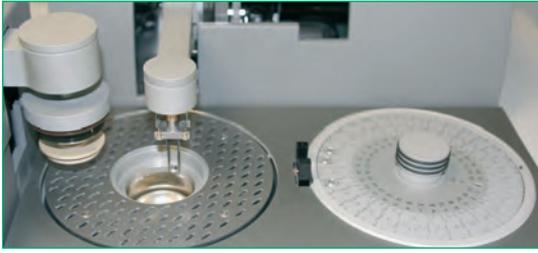


Fig. 36: Versiones de juntas Carbofol®.



Identificación de materia prima de acuerdo con el método DSC



Determinación del contenido de carbón negro



Índice de flujo fundido mediante ISO 1133



Prueba tensora en geomembranas Carbofol® ISO 527-3 o ASTM D 6693



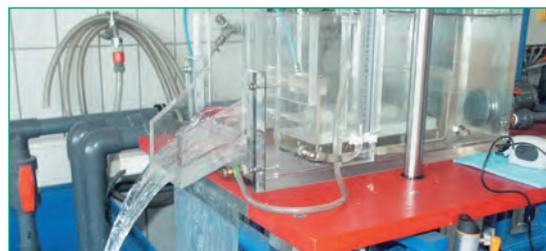
Ensayo de rotura de una geomembrana Carbofol® de acuerdo con EN 14151



Determinación de las propiedades de resistencia y elongación de fibras sencillas



Prueba de resistencia tensora en tiras de ancho amplio de acuerdo con ISO 10319



Determinación de la capacidad de flujo de agua en su plano ISO 12958



Prueba de carga en placa EN 12719 para la calificación de capas de protección de geotextil



Prueba de flama para determinar la clasificación de fuego E de acuerdo con ISO 11925-2

En nuestro sitio web hay más información referente a los **geosintéticos**, o de nuestros:

- **Folleto corporativo.**
- **Folleto relacionados con las aplicaciones:**
 - Ingeniería civil
 - Protección de agua subterránea
 - Ingeniería hidráulica
 - Ingeniería de rellanos sanitarios
 - Construcción de túneles
 - Manual de impermeabilización
- **Volantes relacionados con las aplicaciones y volante técnicos con soluciones específicas al proyecto.**



NAUE GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 2
32339 Espelkamp-Fiestel
Alemania

Teléfono +49 5743 41-0
Fax +49 5743 41-240
Correo info@naue.com
Internet www.naue.com

Miembros de Grupo NAUE



Aprobaciones para el grupo NAUE

