



## Impermeabilización Flexible de Túneles con Membranas Sikaplan®



# Impermeabilización Flexible de Túneles

**Túneles de Carreteras**

**Túneles Ferroviarios**

**Túneles de Metro**

**Túneles de Agua**



**Islisberg / Suiza:** Construcción con TBM con Sikaplan® WP 2110-20HL y fijado mediante fundido en caliente



**Birmensdorf/Suiza**

Construcción a cielo abierto con Sikaplan® WT 1200 – 30C



**Lötschberg/Suiza**

Construcción con perforación y voladura con Sikaplan® 14.6 NEAT

# es con Membranas Sikaplan®



**NBS Fránfort– Colonia/Alemania**  
Pozo para salida de emergencia con Sikaplan® WT 2200 – 31 HL2  
y tranca para agua MP AFI 600 / 35



**DMRC/India**  
Construcción a cielo abierto con Sikaplan® WP1100 20HL.

# Grado de permeabilidad

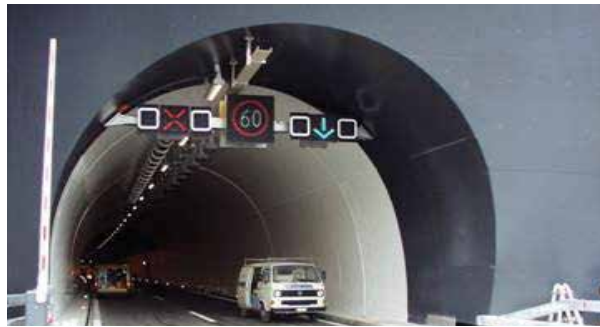
(Conforme a pre-norm SIA 272)

Los túneles son construidos con una vida útil de más de 100 años, lo que significa que los estándares para la construcción de túneles deben ser muy altos, principalmente en aquellos que requieren sistemas de sello y de impermeabilización.

## Clase 1

### Totalmente Seco

No se permiten zonas húmedas en la parte seca de la superficie del túnel.



## Clase 2

### De seco a levemente húmedo

Se permiten unas pequeñas zonas húmedas aisladas. No se permite el goteo de agua en la parte seca de la superficie del túnel.



## Clase 3

### Húmedo

Se permiten zonas limitadas con humedad y con goteos aislados en la parte seca de la superficie del túnel.



## Clase 4

### De húmedo a mojado

Se permiten zonas húmedas y con goteos.



El sellado de un túnel tiene la función de proteger la construcción del túnel contra el daño causado por la humedad o por la entrada no intencional de agua, así como el peligro que plantean las aguas o los suelos agresivos, así como los efectos de los químicos.

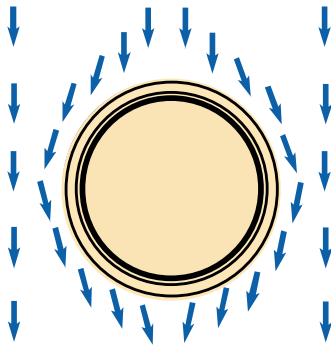
Así la confiabilidad del funcionamiento de un sello tiene una especial importancia en el caso de túneles de tráfico, los cuales son de difícil acceso para ser reparados en aguas de filtración una vez la construcción ha terminado y particularmente cuando se ubican en una zona de agua a presión. Si el agua subterránea se filtra, puede causar severos daños, restringir el uso del túnel, e incluso crear riesgos de tránsito.

Con respecto a las exigencias generales en el sellado de túneles, es fundamental tener en cuenta que esencialmente un sistema de sello debe ser escogido y planeado para que sea la solución óptima frente a los requerimientos establecidos con respecto a la intención de uso, por un lado, y las posibilidades técnicas y financieras aceptables, por el otro.

# Concepto de drenaje en la Impermeabilización

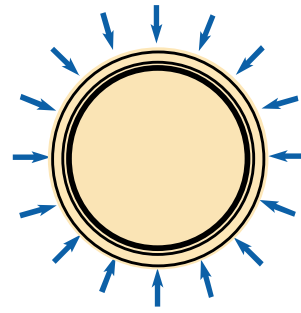
El túnel puede ser construido como una estructura sin drenaje, con un sello impermeable alrededor de la estructura. Una vez se termina la construcción no hay necesidad de desviar las aguas subterráneas y por lo tanto no se impacta negativamente el nivel o el equilibrio de las aguas.

La decisión de no desviar permanentemente las corrientes subterráneas de agua dentro de un sistema de drenaje hace necesario que tanto la construcción como el sello se diseñen para soportar la presión del agua. Los túneles con drenaje permanente se llevan las corrientes de aguas subterráneas, las que normalmente son recogidas en los bordes del piso o al pie de la bóveda, de forma que se alivia el revestimiento del túnel.



## Drenaje - Evacuación de Aguas de Montaña

- Menores costos del revestimiento.
- Reducción del espesor del hormigón.
- Permite construir túneles bajo condiciones extremas.
- Mayores costos de mantenimiento.
- Concepto de drenaje permanente.
- Interrupción del tráfico durante el trabajo de mantenimiento.



## Manteniendo la Cabeza de Agua. Desplazamiento de Agua de Montaña

- Mayores costos de revestimiento.
- La construcción debe tener en cuenta la presión del agua.
- Menores costos de mantenimiento.
- No hay influencia del nivel freático después de la construcción.
- Mayor nivel del sistema de impermeabilización.
- Reducción de asentamientos del terreno.



Ángulo de Drenaje - Sikaplan® WP

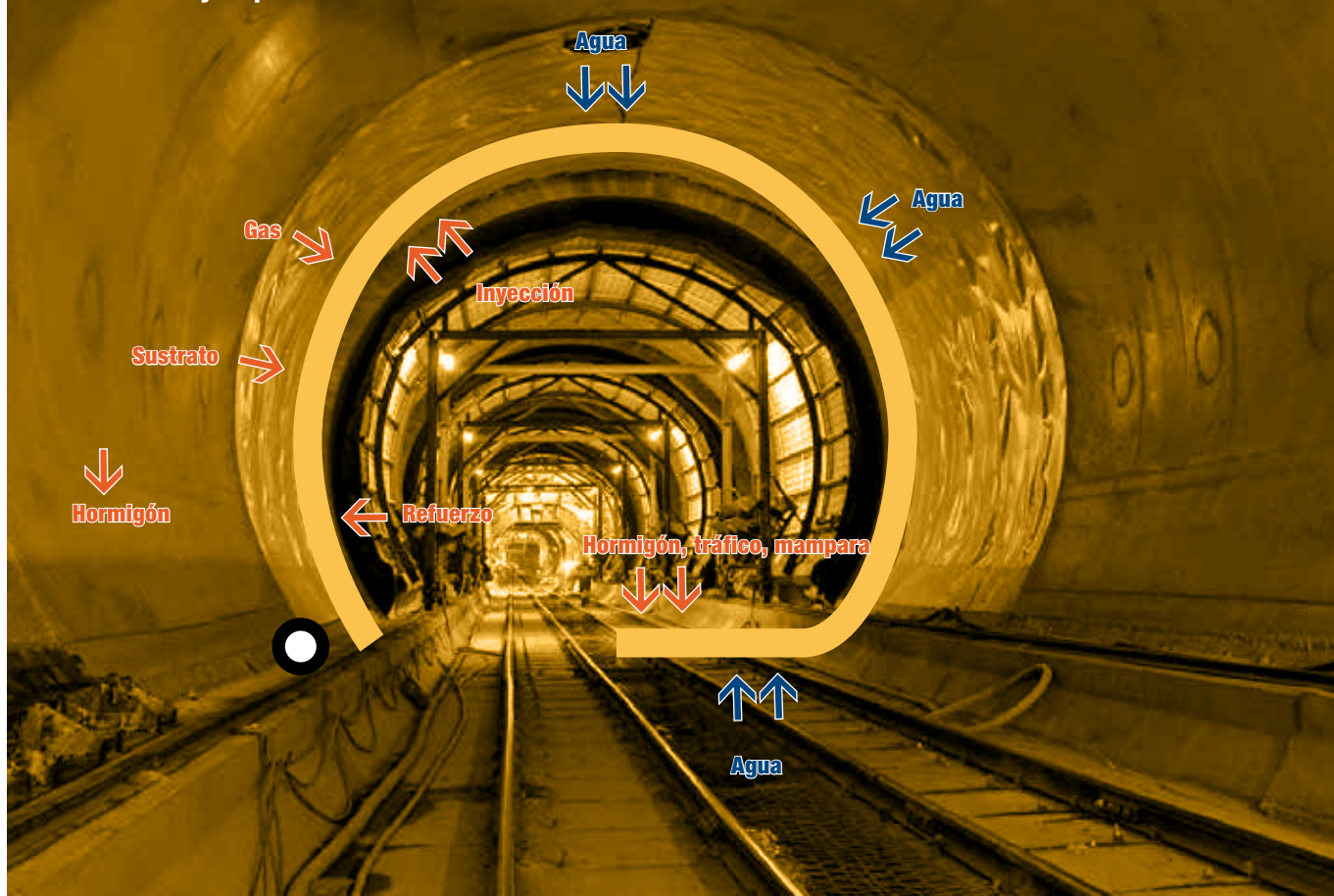


Construcción de flanche suelto en caso de presión del agua.

# Influencias en la Impermeabilización

## Durante la Construcción

El sistema de impermeabilización de un túnel está conformado por una combinación de diversos factores e influencias. Por ello, las características de las membranas son muy importantes.



**Carga de perforación**  
Refuerzo



**Temperatura**  
(Portales/Entrada)



**Carga superficial**  
Hormigón/tráfico/  
mampara



**Agua**



**Carga de perforación**  
Sustrato



**Carga de Perforación**  
Áreas de hormigón inter-  
nas defectuosas



**Fuego**

## Después de la Construcción



**Fuerzas del terreno**



**Agua Agresiva**  
 ■ Aguas sulfatadas  
 ■ Aguas con cloruro  
 ■ Aguas blandas con bajo contenido de calcio



**Componentes solubles + O<sub>2</sub>** causan un proceso de obstrucción y sinterización de los tubos de drenaje. Alta descarga de agua.



**Asentamientos**






**Presión hidráulica**






**Temperatura (Portales)**

# Sistemas de Impermeabilización

Sistema para impermeabilizar estructuras construidas con técnicas de construcción a cielo abierto, expuestas a la presión hidrostática y a agua subterránea que es químicamente agresiva al hormigón.

Nr.	Concepto de agua	Presión hidrostática por arriba al revés	Sistema de sello		Agua agresiva al hormigón		Medidas adicionales			Sistema de membranas Sika
					Bajo	Fuerte	Barreras de agua		Sistema integrado de inyección	
							Internas	Externas (segmentación)		
1	Drenaje	Sin (no se permite presión)	Sello de sombrilla	flexible	Membranas de impermeabilización 3 mm		no	no	no	
2	Evacuación de aguas de montaña			rígido	Hormigón impermeable		si	no	no	
3			flexible		Membranas de impermeabilización 3 mm		no	no	no	
4	Manteniendo el flujo de agua a raya	30 m Ws	Sello Redondo Completo	flexible	Hormigón impermeable + Membranas de impermeabilización 3 mm		no	si	si	
5	Desplazamiento de agua de montaña			rígido	hormigón impermeable		si	no	no	

Sistema para impermeabilizar estructuras construidas con técnicas de construcción de túneles, expuestas a la presión hidrostática y a agua subterránea que es químicamente agresiva al hormigón

Nr.	Concepto de agua	Presión hidrostática por arriba al revés	Sistema de sellamiento		Agua agresiva al concreto		Medidas adicionales			Sistema de Membrana Sika
					Bajo	Fuerte	Barreras de agua		Sistema integrado de inyección	
							Internas	Externas (segmentación)		
1	Drenaje	Sin (no se permite presión)	Sello de sombrilla	flexible	Membrana de impermeabilización 2 mm		no	no	no	
2	Evacuación de agua de montaña			rígido	Hormigón lanzado Hormigón impermeable		no	no	no	
3			flexible		Membrana de impermeabilización 2 mm		no	no	no	
4	Manteniendo el flujo de agua a raya	< 30 m Ws	Sellado Redondo completo	flexible	Membrana de impermeabilización 3 mm		no	si	si	
5				Desplazamiento de agua de montaña	rígido	Hormigón impermeable		sistémicamente	no	no
6		30-60 m Ws		flexible	Hormigón impermeable + Membrana de impermeabilización 3 mm		no	si	si	
7		> 60 m Ws		flexible	Hormigón impermeable + doble membrana de impermeabilización (3+2) mm		no	si	si	



# Sistema de Aplicación de las Membranas

La estructura de un túnel se debe impermeabilizar de acuerdo con el grado requerido de impermeabilización. Hay una cantidad de posibles soluciones dependiendo de las condiciones del suelo y del sustrato, de la presión del agua y el agua y el concepto de diseño.

## Drenaje

Evacuación del agua (ver página agua)

### 1. Sistema de drenaje



Loose laid, con drenaje lateral, sin compartimientos

- Para impermeabilización contra agua del suelo, humedad y agua filtrada.
- Requiere tubos de drenaje para prevenir la acumulación de presión del agua.

#### Productos apropiados

- Sika® FlexoDrain
- Sikaplan® WT Tundrain PE
- Sikaplan® WP Disc
- Sikaplan® WT Disc
- Sikaplan® WP Ángulo de drenaje
- Sikaplan® WP 1100
- Sikaplan® WP 2110
- Sikaplan® WP 2160
- Sikaplan® WT 2200
- Sikaplan® WP 1110
- Translúcido
- Sikaplan® WT 2250
- Translúcido
- Sikaplan® WP/WT Filtro
- Sikaplan® WP, lámina de protección
- Sikaplan® WT, lámina de protección
- Sika® Dilatec® bandas tipo E/ER
- Sistema sellante Sikadur®-Combiflex®

Recomendación mínima de lisura del hormigón proyectado respecto del sistema de tendido de membrana.

≈ 1 : 5

## Manteniendo la cabeza de agua (sin drenaje)

Desplazamiento del agua (agua a presión)

### 2. Sistema tranca para agua



Flojo, con compartimientos hechos de barra bateaguas

- Para impermeabilización en contra agua bajo presión hidrostática.
- Compartimientos inyectables en caso de fugas en las membranas impermeables.

#### Productos apropiados

- Sika® FlexoDrain
- Sikaplan® W Felt 500 g/m<sup>2</sup>
- Sikaplan® W Felt 1000 g/m<sup>2</sup>
- Sikaplan® WP Disc
- Sikaplan® WT Disc
- Sikaplan® WP 1100
- Sikaplan® WP 2110
- Sikaplan® WP 2160
- Sikaplan® WT 2200
- Sikaplan® WP/WT Filtro
- Sikaplan® WP Lámina de protección
- Sikaplan® WT Lámina de protección
- Sika® Waterbar:  
WT AF-40/6 MP  
WP AR-40/6 PVC Inject  
WT AF-50/6 MP  
WP AR-50/6 PVC Inject  
WT AF-60/6 MP Inject
- Sika® Dilatec®, type E/ER
- Sealing strips
- Sikadur®-Combiflex®
- Sealing System

Recomendación mínima de lisura del hormigón proyectado respecto del sistema de tendido de membrana.

≈ 1 : 10

### 3. Sistema con control activo



Flojo, con dos capas de membranas instaladas en sectores impermeables

- Para impermeabilización en contra de agua bajo presión hidrostática.
- Alta seguridad de impermeabilidad por control de succión.
- Compartimientos inyectables en caso de fugas en las membranas impermeables.

#### Productos apropiados

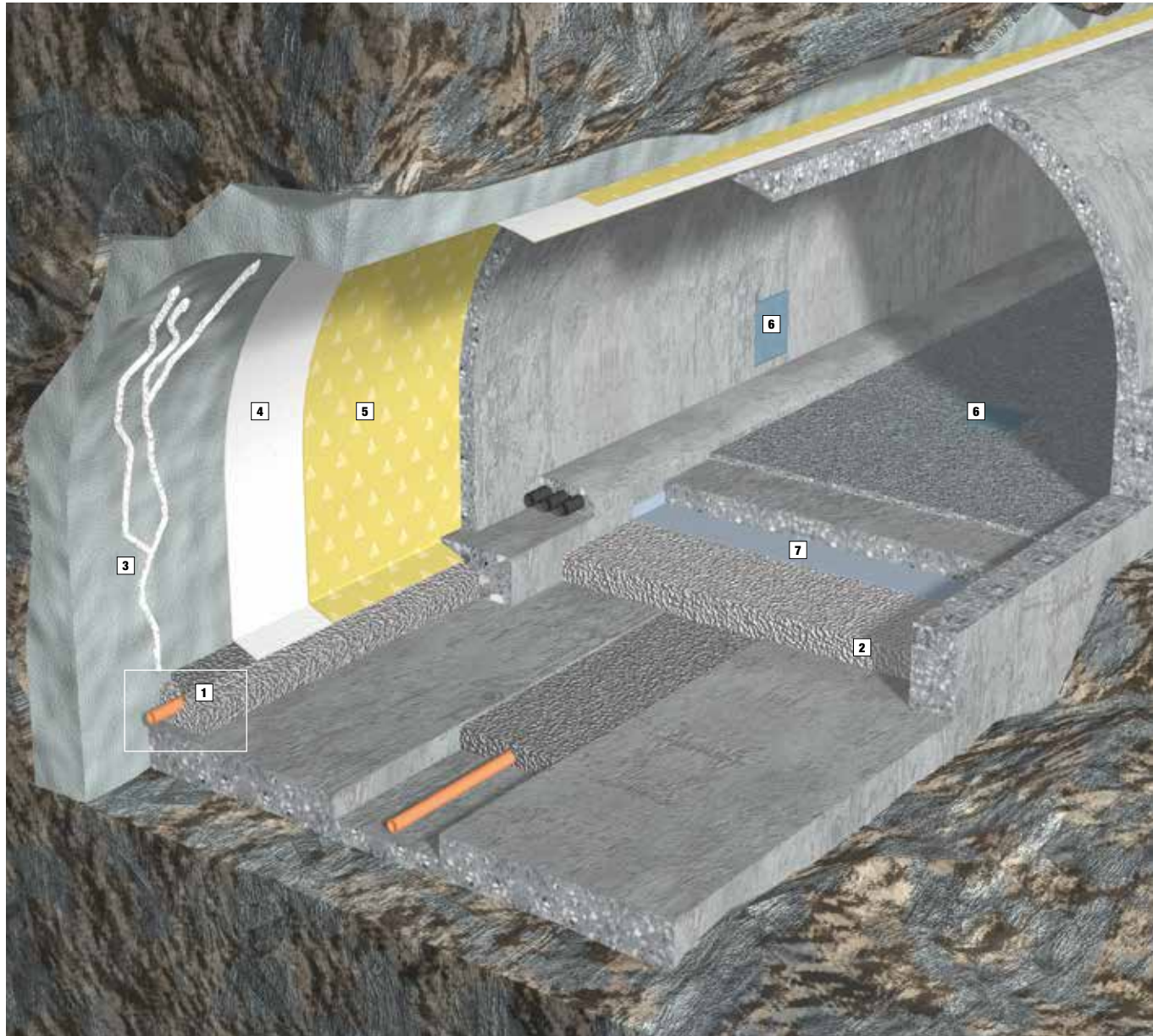
- Sika® FlexoDrain
- Sikaplan® W Felt 500 g/m<sup>2</sup>
- Sikaplan® W Felt 1000 g/m<sup>2</sup>
- Sikaplan® WP Disc
- Sikaplan® WT Disc
- Sikaplan® WP 1100
- Sikaplan® WP 2110
- Sikaplan® WP 2160
- Sikaplan® WT 2200
- Sikaplan® WP/WT Filtro
- Sikaplan® WP, lámina de protección
- Sikaplan® WT, lámina de protección
- Sika® Barra de agua:  
WT AF-40/6 MP  
WP AR-40/6 PVC Inject  
WT AF-50/6 MP  
WP AR-50/6 PVC Inject  
WT AF-60/6 MP Inject
- Sika® Dilatec® bandas sellantes tipo E/ER
- Sistema sellante Sikadur®-Combiflex®

Recomendación mínima de lisura del hormigón proyectado respecto del sistema de tendido de membrana.

≈ 1 : 10 – 1 : 15

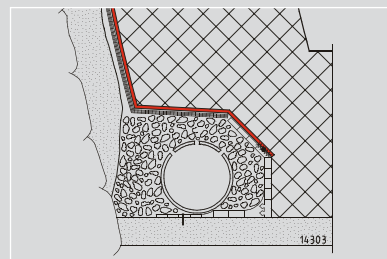
# Impermeabilización Flexible con los Sikaplan

## Excavación Perforación y Voladura con Drenaje



### Drenaje de Agua de Montaña / no mantiene el flujo de agua a raya / Excavación de Perforación y Voladura

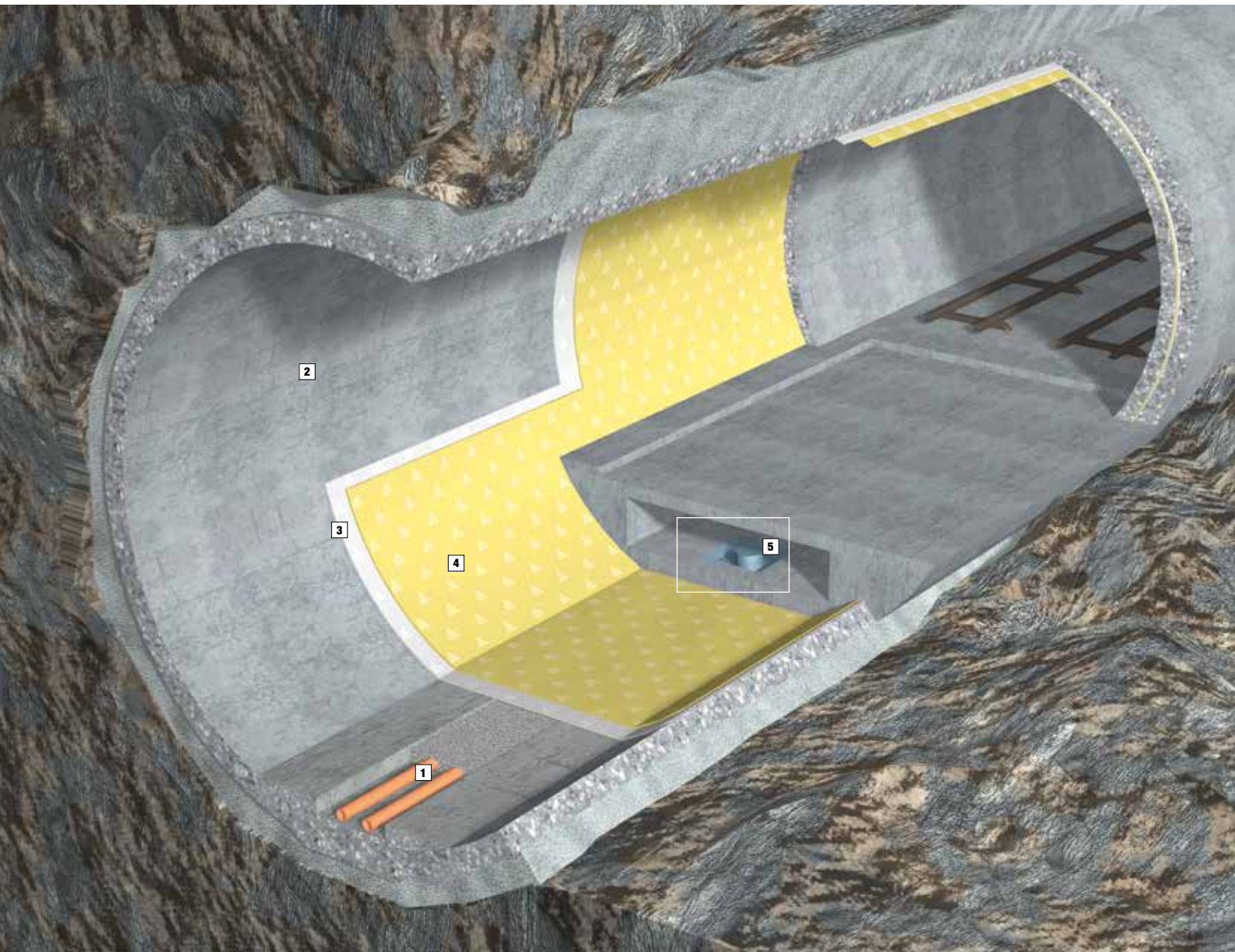
- 1 Tubo de drenaje sobre gravilla.
- 2 Drenaje invertido con gravilla.
- 3 Sika® FlexoDrain para la impermeabilización preliminar.
- 4 Geotextil o almohadilla de drenaje para drenar y nivelar.
- 5 Membranas Sikaplan® de polímero para impermeabilización.
- 6 Cámaras de inspección y limpieza.
- 7 Manto de separación.



- El agua de montaña fluye sin flujos de presión entre el drenaje.
- No hay acumulación de agua.
- Sikaplan® WP ángulo de drenaje.

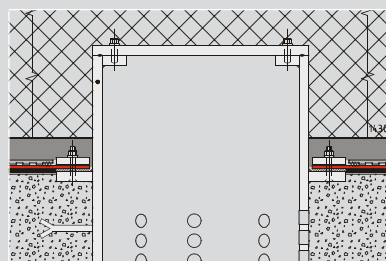
# stemas de Membranas Sikaplan®

## Manejo de Máquina Perforadora de Túneles (TBM) con Drenaje



### Desplazamiento de Agua de Montaña / Mantiene el flujo de Agua a raya / Perforación y Voladura / Excavación TBM

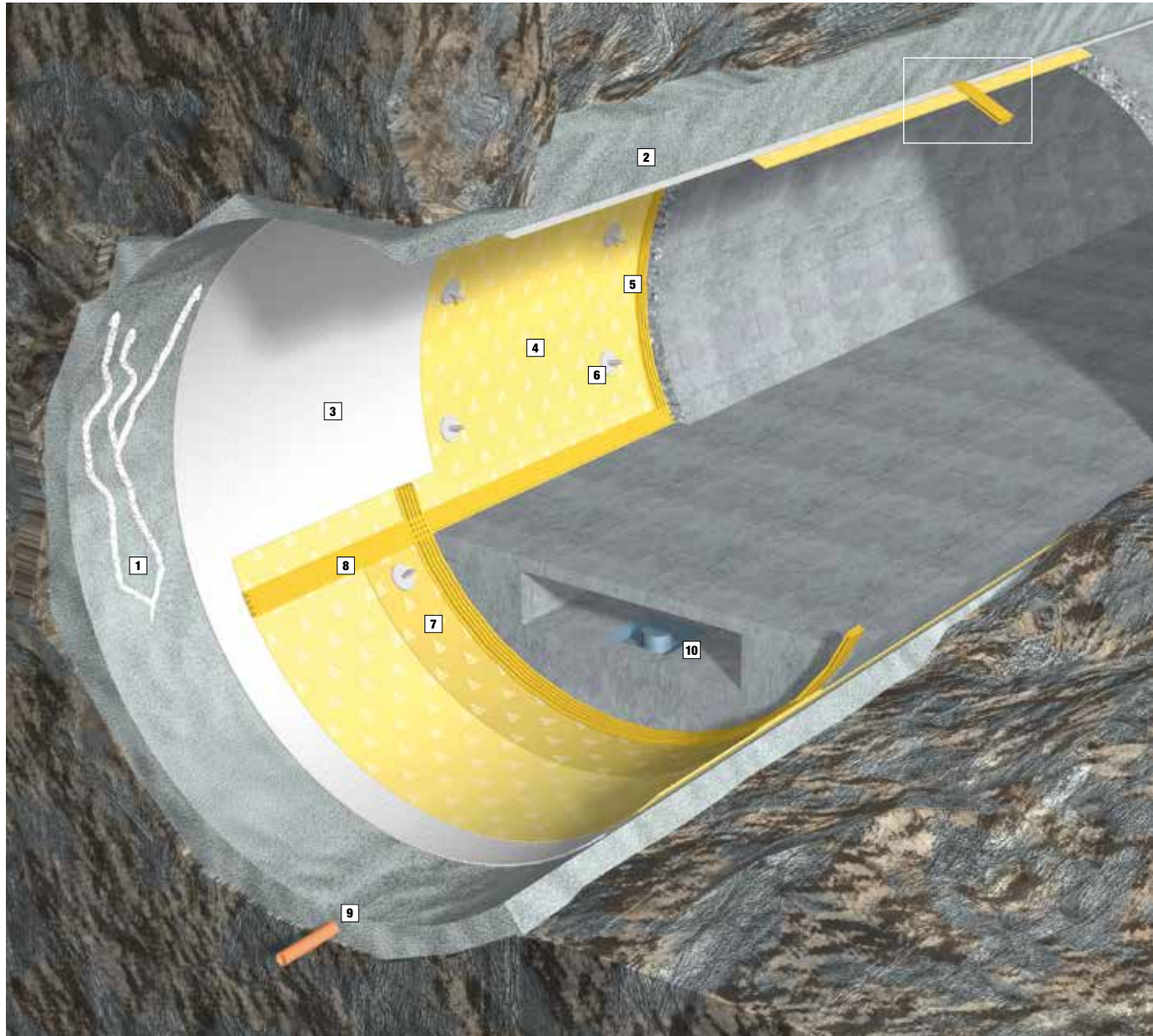
- 1 Tubo de drenaje sobre gravilla.
- 2 Segmentos de tubo de brecha de anillo y uniones de segmentos (espacio vacíos para drenaje).
- 3 Geotextil de protección como manto de nivelación.
- 4 Membranas Sikaplan® de polímero para impermeabilización, Membrana protectora en el revés y en el encofrado.
- 5 Cámaras de inspección y limpieza.



- El agua de montaña fluye sin flujo de presión entre el drenaje.
- No hay acumulación de agua.
- Construcción de flanches suelto.

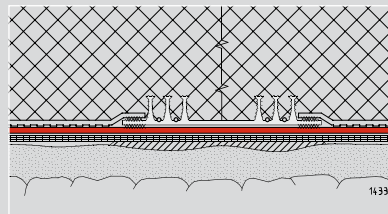
# Impermeabilización Flexible con los Sikaplan

## Excavación con Perforación y voladura con drenaje



### Desplazamiento de Agua de Montaña / Mantiene el flujo de Agua a raya / Perforación y Voladura / Excavación TBM

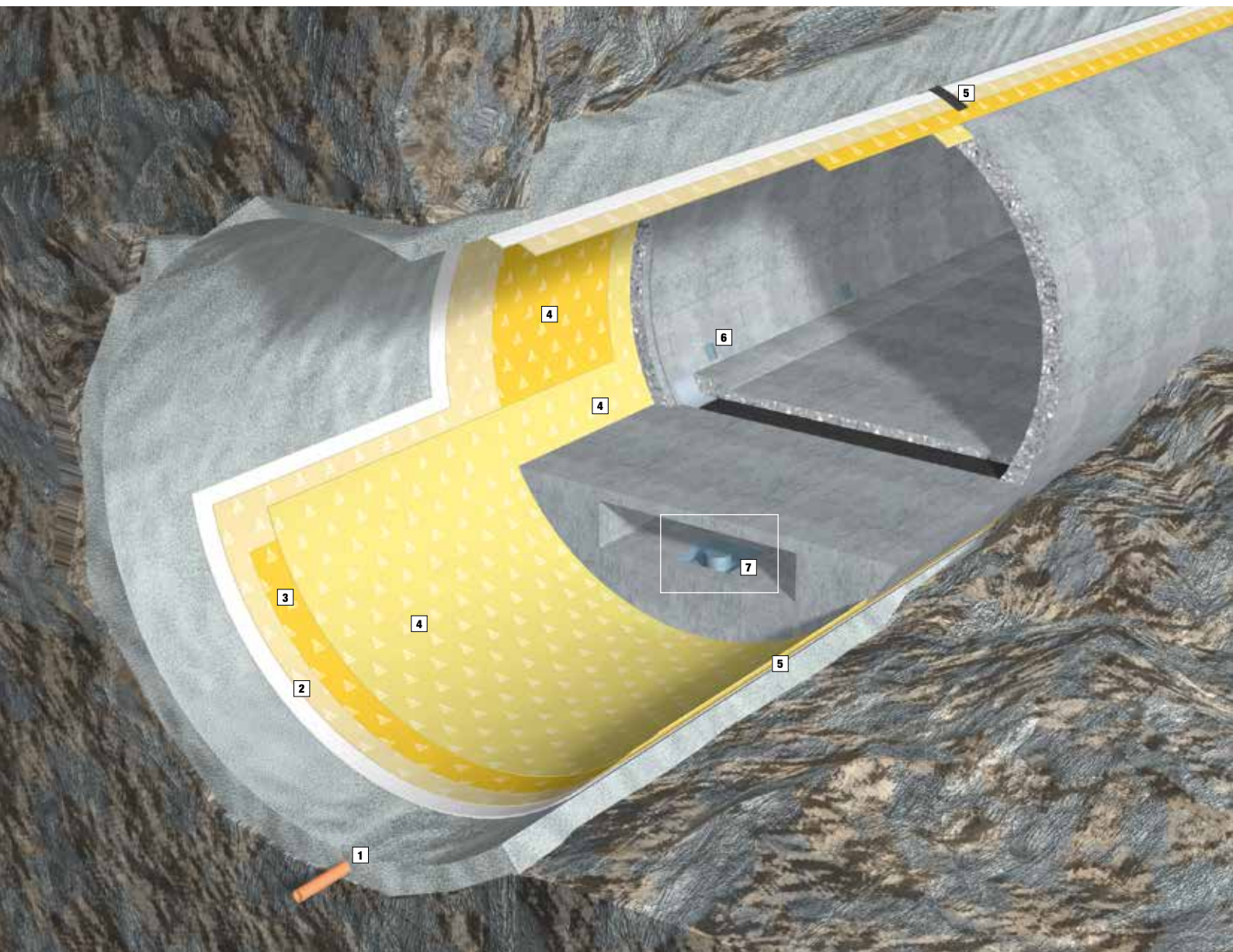
- 1 Sika® FlexoDrain para la impermeabilización preliminar.
- 2 Sustrato.
- 3 Manto de nivelación.
- 4 Membrana Sikaplan®.
- 5 Partición con Sikaplan®, barra de aguas, inyectable.
- 6 Espacio de control Sikaplan®.
- 7 Lámina de protección Sikaplan®.
- 8 Barrera/Compartimiento de inyección.
- 9 Drenaje durante la construcción.
- 10 Espacio de alivio de agua del suelo.



Tranca para agua, 6 anclajes, 4 canales.

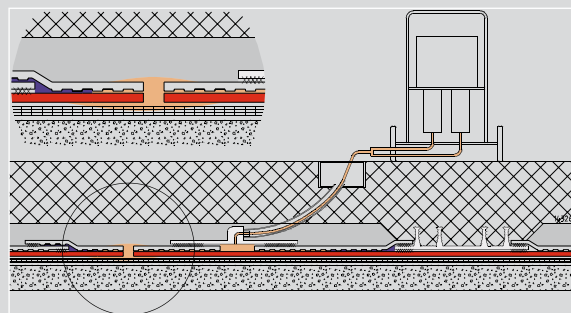
# stemas de Membranas Sikaplan®

## Manejo de Máquina perforadora de Túneles (TBM) con drenaje



### Desplazamiento de Agua de Montaña / Mantiene el flujo de Agua a raya / Perforación y Voladura / Excavación TBM

- 1 Drenaje de la fase de construcción, posiblemente con desagües de alivio del agua del suelo rellenos de cemento después de completar la estructura.
- 2 Membrana Sikaplan® de polímero con geotextil para impermeabilización.
- 3 Membrana Sikaplan® con nudos tejidos en la superficie (altura de nudos: 0.3 mm; área de nudos: < 30% de la superficie de la membrana).
- 4 Membrana Sikaplan® de polímero con geotextil para impermeabilización, membranas protectoras en el revés, zonas de cerrado y refuerzo de acero.
- 5 Soldadura segmentada de las membranas de doble manto.
- 6 Punto de conexión para la prueba de succión e inyección.
- 7 Drenaje de alivio del agua del suelo.



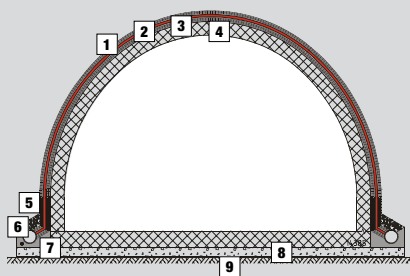
Sistema con control activo

# Impermeabilización Flexible con los Sikaplan®

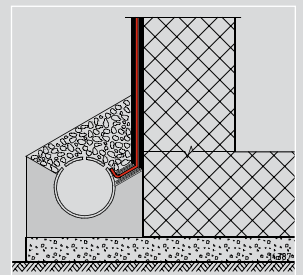
## Túnel de Cielo Abierto



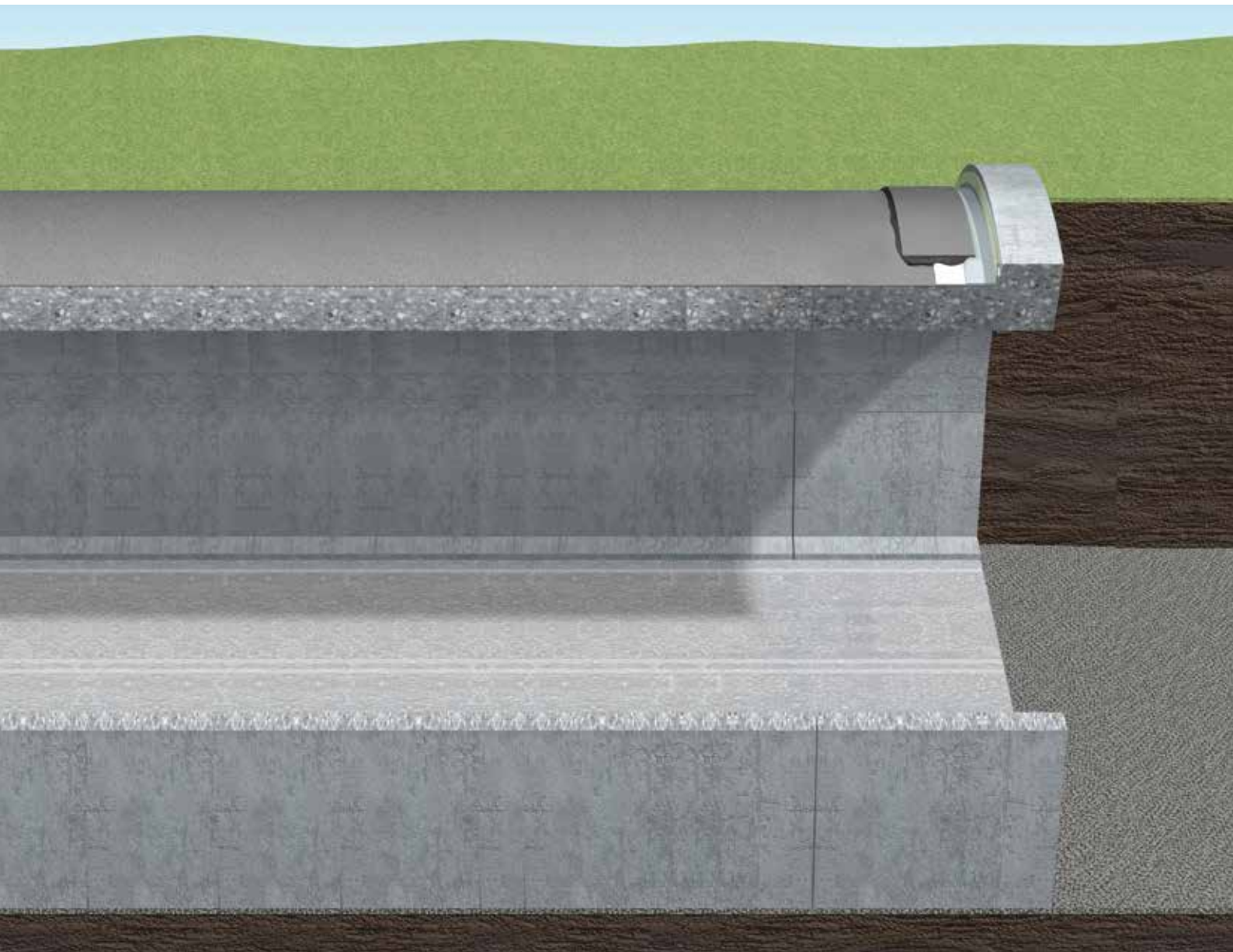
Drenaje de Agua de Montaña / no mantiene el flujo de agua a raya/ Excavación de Perforación y Voladura / Excavación TBM



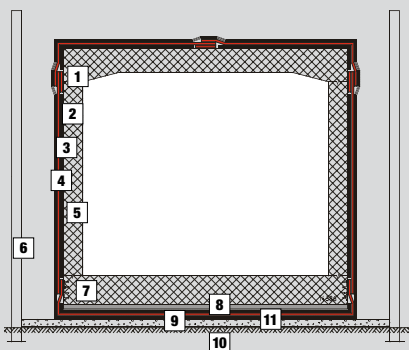
- 1 Lámina de protección Sikaplan®.
- 2 Membrana Sikaplan®.
- 3 Manto de nivelación/Geotextil.
- 4 Lechada de nivelación.
- 5 Filtro (gravilla).
- 6 Tubo de drenaje.
- 7 Cimientos de hormigón.
- 8 Sustrato.
- 9 Manto nivelador / Geotextil.



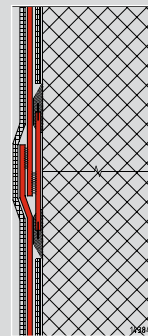
# stemas de Membranas Sikaplan®



## Desplazamiento de Agua de Montaña / mantiene el flujo de agua a raya / Túnel de Cielo Abierto



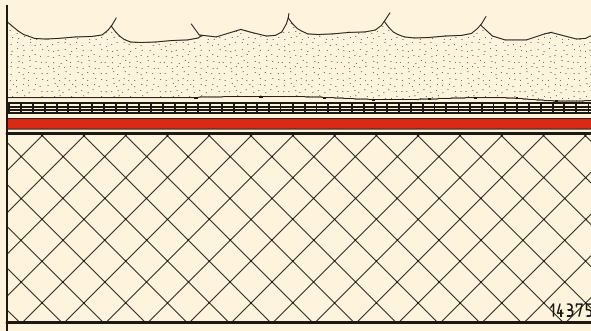
- 1 Sika®Dilatec®, sistema de sellado de uniones Sikadur®Combiflex®.
- 2 Manto nivelador / Geotextil.
- 3 Membrana Sikaplan®.
- 4 Lámina de Protección Sikaplan®.
- 5 Lechada de nivelación.
- 6 Pilotaje de placas de acero.
- 7 Partición con Sikaplan®, barra de agua, inyectables.
- 8 Manto de protección de hormigón.
- 9 Sustrato.
- 10 Superficie Excavada.
- 11 Manto nivelador / Geotextil.



# Impermeabilización Flexible

Sika ofrece un amplio rango de sistemas de impermeabilización de acuerdo con los grados requeridos de impermeabilidad y según las condiciones particulares del proyecto. Una estructura de túnel debe impermeabilizarse ya sea por un sistema de drenaje, con sistema tranca para agua o mediante un sistema con control activo para las más altas exigencias, con impermeabilización de doble capa controlado por succión.

## Drenaje de Agua, no mantiene el flujo de agua a raya

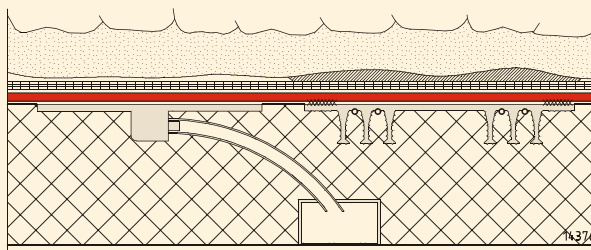


### Sistema de Drenaje:

Membrana de impermeabilización de polímero de un sólo manto, con geotextil o almohadillas de drenaje o uniones de segmentos de tuberías abiertas.

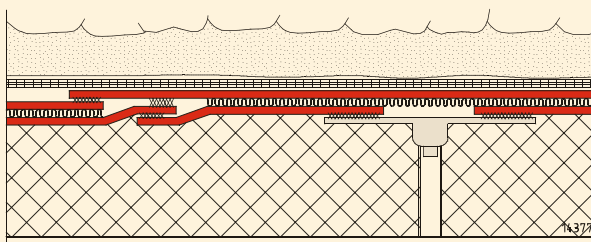


## Desplazamiento de agua, mantiene el flujo de agua a raya



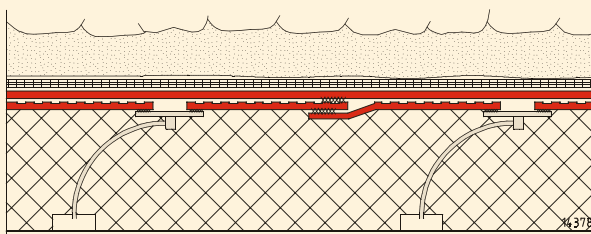
### Sistema tranca para agua:

Membrana de impermeabilización de polímero de un sólo manto con partición.



### Sistema con evacuación de agua filtrada:

Membrana de impermeabilización polimérica de doble manto con nudos o con un manto de drenaje intermedio y partición.



### Sistema de Control Activo:

Membrana de impermeabilización de polímero de doble manto con espacio de inyección y partición con compartimientos; capacidad de probar activamente el sello impermeable.





# Impermeabilización Rígida

## Hormigón Impermeable y Sellado de Juntas



Tecnología **Sika® ViscoCrete®**  
tecnología **Sika® -1** de bloqueo de  
poros capilares.

**Sika® Waterbars, Sika® Injectoflex,  
SikaSwell®, Sikadur®-Combiflex®,  
Sika® Dilatec® y Sikaflex®** usados para  
uniones impermeables.



# Impermeabilización de Cascarón Delgado

## Rehabilitación de Túneles

Los Shotcretes impermeables de Sika son sistemas de impermeabilización de alto resistencia que sólo requieren un pequeño espacio. Se usan para trabajos de restauración y de impermeabilización en el campo de rehabilitación de túneles existentes.

- 1 Revestimiento y uniones de mampostería limpia.
- 2 **Sikacrete®-Gunit® 113** para el sello de juntas e impermeabilización preliminar de la mampostería.
- 3 **SikaCem®-Gunit® 143** para el revestimiento principal de impermeabilización de cascarón delgado.



## Túneles Nuevos

La impresionante capacidad de impermeabilización de **SikaCem®Gunit®143** también permite usar revestimientos de impermeabilización de cascarón delgado en túneles nuevos. El Shotcrete de fraguado rápido puede ser aplicado en sustratos húmedos. El contenido de polímero de **SikaCem®Gunit®143** maximiza las cualidades importantes para la durabilidad, como son la resistencia a la sal derretidora-descongelante y a los sulfatos, mientras reduce los módulos E. Para aplicaciones especiales los tipos de Shotcrete impermeabilizante reforzados con fibras pueden ser entregados a solicitud.

- 1 Aplicación de hormigón lanzado para soporte inmediatamente después de la excavación.
- 2 impermeabilizar el cascarón con **SikaCem®-Gunit® 143**.



# Materias primas

Considerando la aplicación de membranas impermeables en túneles, el largo tiempo de experiencia en sellado, el comportamiento práctico de la soldadura, la economía y las características técnicas del amplio rango de plásticos, en general dos de ellos han convencido: El avanzado PVC plastificado, y el TPO (FPO) de alta flexibilidad con un Módulo  $E_{1-2} < 65 \text{ N/mm}^2$ . Importante para la especificación del material y los procedimientos de prueba: el PVC - P y el TPO son materiales completamente diferentes, con características materiales y comportamientos diferentes.

Propiedades de los materiales sellantes de túneles hechos de termoplásticos (PVC - P) y elastómeros termoplásticos (elastómeros poliolefinos /TPO) ofrecen un impermeabilizado permanente.

## PVC-P

- ++ Tecnología para uniones fácil y confiable (aire caliente / adhesivo)
- + Gran experiencia (más de 50 años)
- + Rigidez y comportamiento del material óptimos (comportamiento elástico)
- + Auto-extinguible (aprox. 21 MJ/kg)
- + Alta resistencia al impacto mecánico respecto a la flexibilidad
- o Extensión térmica
- Envejecimiento por pérdida del plastificante
- Afectado por el frío (dependiendo del plastificante)

## FPO

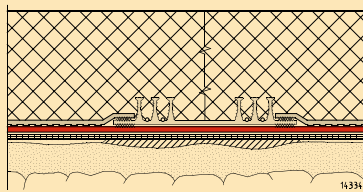
- ++ Resistencia térmica y química
- + Vida de Servicio
- + Bajo comportamiento de humo
- + Alta resistencia a la presión permanente
- o Buenas propiedades de soldadura gracias a las avanzadas fórmulas de FPO
- o Presión ambiental corrosión y resquebrajamiento (dependiendo de la flexibilidad / cristalización)
- o Comportamiento frente al fuego (aprox. 40–45 MJ / kg)
- Envejecimiento por proceso de oxidación térmica
- Menor flexibilidad

Propiedades	Sikaplan® WP 1100	Sikaplan® WP 2110 (WP 2160)	Sikaplan® WT 2200 (WT 2220)	Sikaplan® WP 1110	Sikaplan® WT 2250	Sikaplan® Neat	
Antiguo nombre del producto	ej. Sikaplan-14.6	ej: Sikaplan-14.6 V (Sarnafil F 635-20)	Sarnafil MP 915 Sarnafil MP 910	Trocal T	Sarnafil MP 915-T	Sikaplan-14.6 Neat	Sarnafil MP 916-20 Neat
Material base	PVC-P	PVC-P	PE/TPO/FPO	PVC-P	PE/TPO/FPO	PVC-P	PE/TPO/FPO
Señal del manto	Si (amarillo) Disponible $\leq 0.2$ mm	Si (amarillo/gris) Disponible $\leq 0.2$ mm	Si (crema) Disponible $\leq 0.2$ mm	No (translúcido)	No (translúcido)	Si (amarillo)	Si (beige) < 0.2 mm
Ancho del Rollo (m)	2.00 / 2.20	2.00 / 2.20	2.00	2.00	2.00	2.00 / 2.20	2.00
Estándares especiales	EN 13491/13967 ZTV-ING (2003) SIA V 280/272	EN 13967/ 13491 Heft 365/ RVS 8T Control externo de calidad ZTV-ING (2003) SIA V 280/272	EN 13967/13491 ZTV-ING/ Rili 853 Control externo de calidad SIA V280/ SIA 272	EN 13491/13967 Fascule 67°	EN 13491/13967 Fascule 67°	NEAT y SIA V280	
Clase de resistencia al fuego	E/EN 11925 B2/DIN 4102	E/EN 11925 B2/DIN 4102 B1/Ö-Norm 3800 5.1 SIA V 280	E/EN 11925 B2/DIN 4102 4.2 SIA V 280	E/EN 11925 B2/ DIN 4102	E/EN 11925 B2/DIN 4102	5.2 SIA V 280	4.3 SIA V 280
Elasticidad de selección - Módulo $E_{1-2}$ según la DIN en ISO 527	< 20 N/mm <sup>2</sup>	< 20 N/mm <sup>2</sup>	< 70 N/mm <sup>2</sup>	< 20 N/mm <sup>2</sup>	< 70 N/mm <sup>2</sup>	< 20 N/mm <sup>2</sup>	< 70 N/mm <sup>2</sup>

# Productos suplementarios

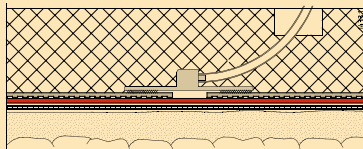
## Sika® Barra de agua, basados en PVC y en FPO

- Sika® Barra de agua tipo AR (PVC)
  - Sika® Barra de agua tipo DR (PVC)
  - Sika®Tranca para agua tipo MP AF (FPO)
  - Sika®Tranca para agua tipo MP DF (FPO)
- Compartimientos en el revés y en el arco de los túneles, materias primas compatibles con la membrana de impermeabilización.



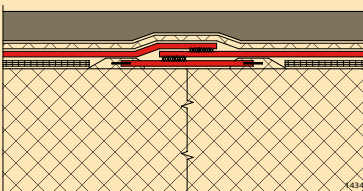
## Láminas de protección Sikaplan® WP/WT

- Lámina de protección Sikaplan® WP (PVC)
- Lámina de protección Sikaplan® WP HE (PVC)
- Lámina de protección Sikaplan® WT (TPO)
- Lámina de protección Sikaplan® WT HE (TPO)



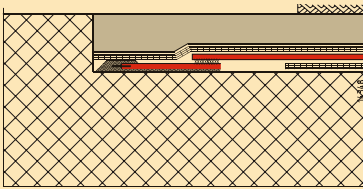
## Sistema de sellado de juntas Sikadur®-Combiflex®

- Cinta Sikadur®-Combiflex.
- Sikadur®-31 (adhesivo EP) para compartimientos y terminaciones con membranas FPO.



## Bandas para sellado de juntas Sika®Dilatec®, tipo E/ER

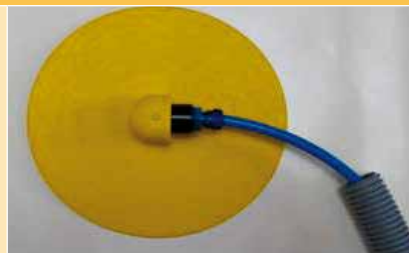
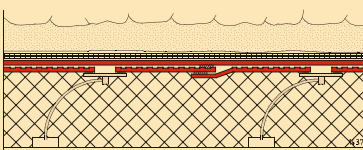
- Sika®Dilatec E-220 para juntas de expansión.
- Sika®Dilatec ER -350 para terminados de impermeabilización.
- Sikadur®-31 (adhesivo EP) para compartimientos y terminaciones con membranas DPO.



## Sika®Control e inyección flanches

- Sikaplan® WP/WT inyección flanche.
- Sikaplan® WP/WT Control de conector.
- Sikaplan® W flexible PP tubo de protección.
- Sikaplan® W PU-tubo de control.

Para inyección profiláctica integrada para posibles trabajos de reparación, para inyección de cemento fino y químicos y para control de succión.



## Sikaplan® WP/WT Metal laminado



## Elemento para fijación de disco Sikaplan® WP/WT



## Flanche Trompeta Sikaplan®WP/WT



# 100 Años de vida útil?!

## Pruebas de largo plazo de acuerdo con

Durante la última década, se han estudiado y probado diferentes materiales de impermeabilización en aplicación de túneles, principalmente en Suiza y Alemania.

Los materiales se basan en compuestos de poliolefinas (PE y PP) o cloruro de polivinilo (PVC-P). Se realizó un completo procedimiento de evaluación para dos túneles particularmente largos en los Alpes Suizos, con base en los requerimientos de Alp Transit Gotthard AG y BLS Alp Transit AG.

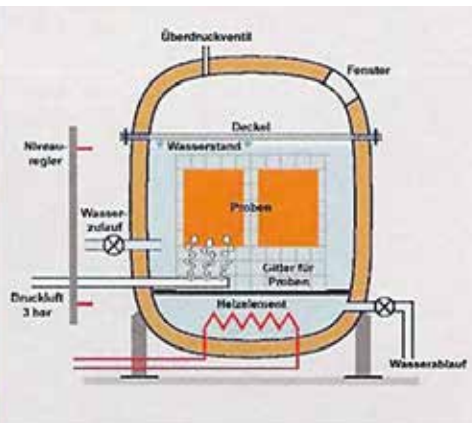
Deben tenerse en cuenta influencias especiales, tales como mucho calor geotérmico (45 °C), alta presión del agua (40 – 160 bar), presión de la masa de la montaña, construcción y altas expectativas del tiempo de servicio de 100 años.

Los productos poliméricos combinados con sistemas de impermeabilización (membranas PE, copolímero PE, PVC-P; materiales de drenaje PE, PP, PA, PES) fueron probados en un programa de 24 meses. Los métodos de prueba existentes fueron complementados por ejemplo con envejecimiento a altas temperaturas y en agua enriquecido con oxígeno a temperaturas elevadas, respectivamente, pruebas de escurrimiento

de compresión, comportamiento bajo una combinación de compresión lateral y cizallamiento horizontal, pruebas de ribetes e instalación.

Considerando que muchos sistemas y productos no cumplieron estos exigentes requerimientos, los sistemas más prometedores fueron luego optimizados y después reevaluados.

El resultado de esta evaluación y estos procedimientos de prueba claramente demostraron que los productos Sika basados en PVC-P y compuestos de poliolefina pueden cumplir a cabalidad los requerimientos definidos para los sistemas de impermeabilización (Reporte EMPA).



Esquema del dispositivo de presión con especímenes de prueba arreglados de forma vertical en agua con oxígeno enriquecido.

### Sistema Sikaplan® aprobados



Sistema 212, Sikaplan® 14.6 Neat y drenaje PP ("Wirrgelege")



Sistema 620, Sikaplan® 14.6 Neat, Filtro 500, Sikaplan® PVC-P respaldado con un Geotextil PP y drenaje hecho de gravilla.



Sistema 121, Sarnafil MP 916 Neat y un drenaje PE que incluye fijaciones.



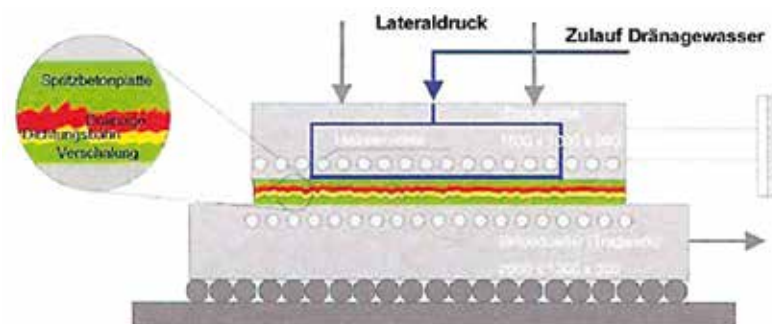
# as normas NEAT



## Comportamiento de envejecimiento

En esta parte de la evaluación, los componentes de los sistemas de impermeabilización fueron expuestos sin carga mecánica por 24 meses a los siguientes medios: agua circulada a temperaturas de 23°C, 45°C y 70°C. agua ácida y alcalina a 50°C, agua enriquecida con oxígeno a 70°C y 3 bares de presión (Prueba Roxi), y almacenando especímenes en un ambiente con microorganismos aeróbicos y anaeróbicos.

A 5 intervalos durante el almacenamiento, se hicieron pruebas de cambios de masa de las membranas de impermeabilización, así como de cambios en dimensión y resistencia a la punción. Otras pruebas incluyen evaluaciones de tensión, termo – mecánicas y termo – analíticas tras 3, 6, 12 y 24 meses sirvieron para establecer las propiedades más apropiadas para una descripción suficientemente completa del proceso de envejecimiento (Reporte EMPA).



Corte esquemático de la compresión, establecida con capacidad de calefacción y drenaje, la placa superior (fija) corresponde a la superficie de hormigón lanzado de la coraza más exterior del túnel.

## Campo de Aplicación de Pruebas – NEAT

El sistema fue instalado en una superficie de hormigón lanzado con rugosidades de entre 3 y 7 mm y una ondulación de 4:1, 7:1 y 15:1. Con calor adicional durante el fraguado del hormigón la temperatura en el sistema de impermeabilización subió a 55°C. Después de completar la construcción, se determinó la capacidad del drenaje. Después se removió el soporte del cascarón de hormigón y el sistema de impermeabilización quedó expuesto.

Las primeras pruebas de instalación mostraron que las membranas de impermeabilización desarrollaron dobleces regulares con pequeños radios de curvatura durante la construcción. El desarrollo de dobleces en el plano de la membrana de impermeabilización genera daño poten-

cial en los revestimientos y debe por tanto evitarse en la vida de servicio.

Para evitar que aparezcan tales dobleces en la membrana de impermeabilización y para garantizar un buen ajuste a la superficie de Shotcrete, el comité de NEAT estableció unos estrictos lineamientos respecto de la cantidad y ubicación de los puntos de fijación, el procedimiento de unión y la fricción entre la membrana de impermeabilización y el material de drenaje.

Para lograr ese buen ajuste al shotcrete, se recomienda que la flexibilidad de la membrana de impermeabilización – descrita con el módulo de elasticidad de sección con una elongación entre 1% y 2%, según la DIN EN ISO 527 – esté por debajo de 70 N/mm<sup>2</sup>.

# Lisura / Rugosidad del sustrato

Para Apoyar el espacio excavado y, si es necesario, también el frente del túnel durante la excavación de un nuevo túnel, debe usarse shotcrete. En caso de revestimiento de un túnel de doble cascarón, incorporación de geomembrana, la capa final de shotcrete deberá ser esparcida de forma que no se requiera perfilar con shotcrete adicional para poder fijar de forma apropiada el geotextil y la membrana, respectivamente. Nervaduras de Arco, mallas de alambre, vigas de celosía y shotcrete se usan para el apoyo primario.

Todas las superficies iniciales de shotcrete se preparan de forma que permitan obtener la lisura y regularidad necesarias para preservar la integridad de la membrana. Debe usarse shotcrete adicional donde sea necesario para alisar las irregularidades de la superficie y para cumplir con los criterios que se establecen más abajo.



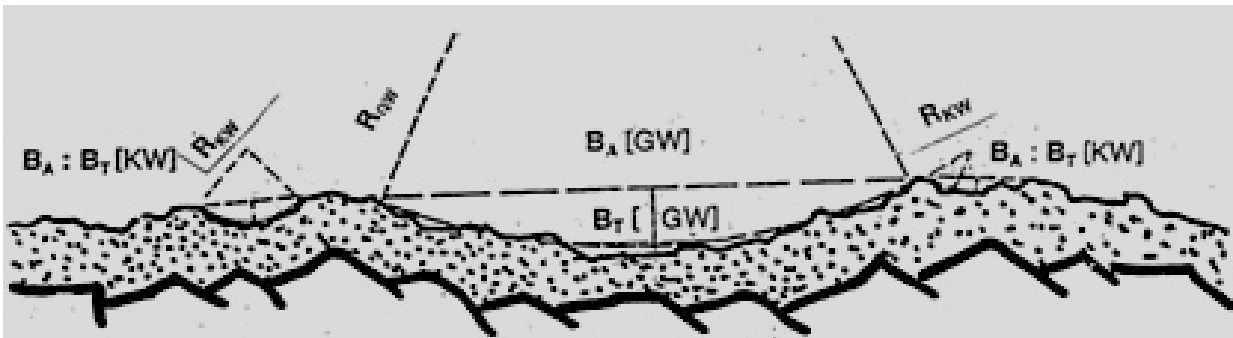
En el campo de aplicación de túneles, el problema principalmente involucra la rigidez del material y las dificultades de la soldadura manual, particularmente en condiciones húmedas e incómodas o por ejemplo en nichos, cruces, soldadura de tapones de agua, etc. Posiblemente el aspecto más importante de la operación de impermeabilización es la soldadura de las membranas, que debe hacerse con mucho cuidado para mantener la continuidad de la placa de impermeabilización; cualquier falla en la soldadura causará fugas en el túnel, con resultados fatales si hay agua bajo presión. La flexibilidad del material se describirá con la elasticidad de la sección Módulo E1-2, de conformidad con la DIN EN ISO 527.

## Impermeabilizando Secciones con la instalación de la membrana sobre el shotcrete (revestimiento inicial).

La superficie del shotcrete debe ser suave y pareja, El agregado de concreto lanzado debe tener un diámetro de entre 4 y 8 milímetros. El radio mínimo de cualquier imperfección no debe ser menor que 20 centímetros. Las piedras sueltas y las que sobresalen deben ser retiradas. El concreto lanzado debe dejarse fraguar por al menos 24 horas. Los elementos de acero, tales como barras de refuerzo, vigas de acero, y las cabezas de masas rocosas – en la medida en que no se usen para sostener las estructuras del revestimiento interior deberá cubrirse con por lo menos

5 cm de shotcrete. El ingreso de agua corriente puede ser detenido con mezclas impermeables (como es la mezcla Sika®-4A) mezclada con cemento Portland nuevo, antes del revestimiento inicial. La entrada de agua pesada puede ser recogida en medios-tubos de PVC (como FlexoDrain) montados con clavos y dirigidos al sistema de drenaje permanente. El medio-tubo montado debe cubrirse con por lo menos 5 centímetros de shotcrete antes de la instalación del revestimiento inicial.





**Requerimiento de flexibilidad de la membrana respecto de la uniformidad del concreto lanzado.**

<b>Lisura del shotcrete</b>	< 1 : 5	< 1 : 10	< 1 : 15
<b>Elasticidad de la selección module E1-2 de conformidad DIN ISO 527 1-3</b>	< 20 N/mm <sup>2</sup>	< 70 N/mm <sup>2</sup>	< 100 N/mm <sup>2</sup>

**Terminado de concreto lanzado (recommendation according to NEAT/SIA 272)**

	<b>Definición</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Metodo de medida</b>
<b>Rugosidad</b>	Profundidad	Valor máx 4–16 mm	Sandfill según ZTV-SIB medido a un diámetro de 250 mm
<b>Evenness</b>	Lisura (Pequeñas ondas R < 200 mm)		
	Relación R <sub>kw</sub> (mm) Relación B <sub>A</sub> : B <sub>T</sub>	Valor mínimo B <sub>A</sub> a B <sub>T</sub> = 1 = 10 : 1	Medición manual del sustrato de forma negativa
	Ondas largas (R > 200 mm)		
	Relación R <sub>kw</sub> (mm) Relación B <sub>A</sub> : B <sub>T</sub> (GW)	Valor mínimo B <sub>A</sub> a B <sub>T</sub> = 1 = 10 : 1	Medición del sustrato con perfilómetro



Condiciones difíciles de sustrato

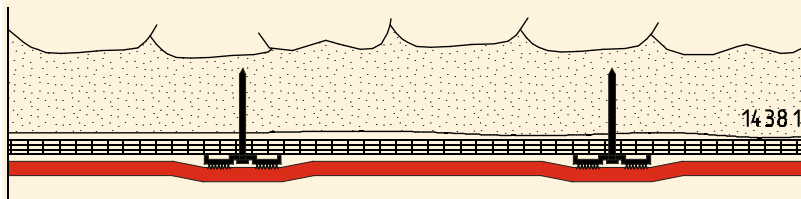


Condiciones del sustrato en Uetliberg, Suiza.

# Técnicas de Fijación

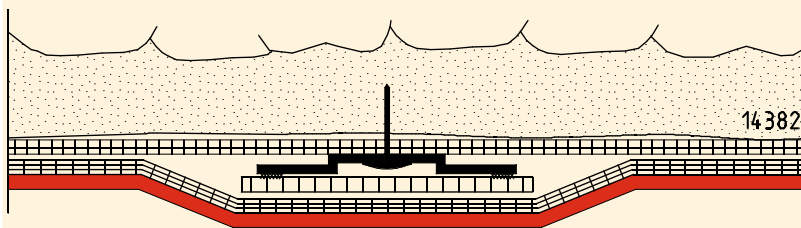
La posibilidad para uniones de puentes, fisuras, fracturas y bolsas de grava se constituye en la gran ventaja de las membranas plásticas de sellamiento flojas (fijas por puntos). Los discos de fijación (rodelas) se instalan en la superficie de shotcrete para dar un apoyo adecuado y un buen ajuste para toda la superficie de shotcrete. La membrana de impermeabilización se tiende con la capa de señal adentro del túnel y con suficiente juego para prevenir sobre - estresarla durante la instalación del concreto. Han aparecido nuevos métodos de fijación, como son el sistema de sujeción de Velcro y el sistema de fundido caliente, lo que permite una instalación automática.

## Soldadura por puntos



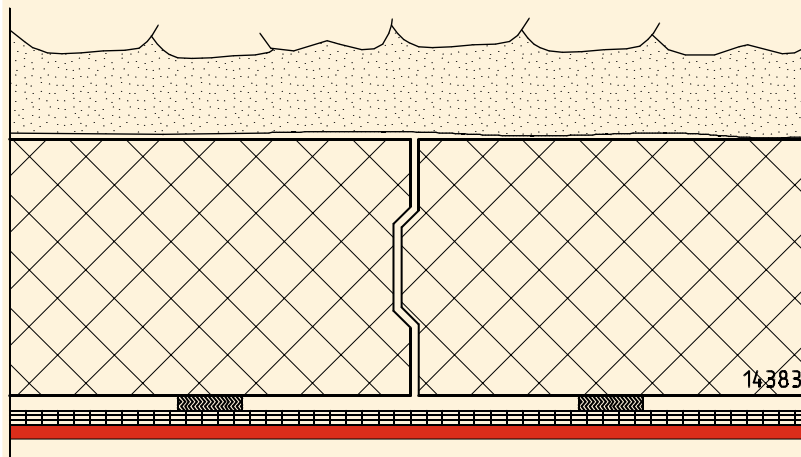
- Shotcrete >5 cm.
- Geotextil / almoadilla de drenaje.
- Discos de fijación.
- Soldadura de aire caliente.
- Membrana de impermeabilización Sikaplan.

## Velcro puntual



- Shotcrete >5 cm.
- Geotextil / cobertura de drenaje.
- Discos de fijación con gancho y abrazadera.
- Soldadura con aire caliente.
- Membrana de impermeabilización Sikaplan con fieltro de respaldo.

## Adherido por bandas (por ejemplo fundición en caliente)



- Hormigón de segmento entubado (shotcrete).
- Gotas adhesivas (pegante líquido).
- Membrana de impermeabilización Sikaplan con respaldo de fieltro.



# Técnicas de Soldadura de las Membranas

Las membranas Sikaplan son soldadas al calor usando varios métodos. La principal diferencia se presenta entre la soldadura a mano y la soldadura usando una máquina de soldadura automática. El método de soldadura debe adaptarse a las condiciones de la obra y debe ser adecuado para el tipo de membrana Sikaplan. Antes de soldar la membrana, se debe hacer una prueba de soldadura y desprendimiento. La soldadura de prueba permite chequear las especificaciones del soldador y ajustarlas a las condiciones de la obra si es del caso.

## Soldadura Manual

- Las uniones de las superficies Sika a ser soldadas deben estar limpias y secas (preparación y limpieza de la unión).
- Las sábanas adyacentes pueden estar sobrepuestas en por lo menos 80 cm.



### Leister PID

Una adecuada soldadura manual involucra tres pasos:



#### 1. Adherir la soldadura

Mantener las sábanas en posición.

#### 2. Pre-soldadura

Soldadura continua una las sábanas para formar una bolsa de calor. La soldadura se pone a lo largo del respaldo de la superposición, dejando entre 35 y 40 mm de material libre para soldar con una boquilla de soldadura de 40 mm de ancho (o de 15 a 20 mm para una boquilla de 20 mm).

#### 3. Soldadura Final

La soldadura final produce una costura hermética e impermeable de entre 10 y 30 mm de ancho (dependiendo del ancho de la boquilla). Un rodillo de presión Sika se aplica a una distancia de 300 mm al frente de la boquilla y paralelo a ella. El trayecto del rodillo siempre debe ir más allá de la costura soldada.

## Soldadura automática

- Las máquinas automáticas de soldadura de cuña caliente primordialmente se usan en proyectos de ingeniería civil.
- Las máquinas se usan para soldar las costuras tanto longitudinales como transversales.



### Leister COMET / Leister TWINNY T / S

Estas máquinas automáticas de soldadura de cuña caliente se usan en túneles, estructuras subterráneas y estructuras hidráulicas / de retención de aguas. Para membranas de un espesor de entre 1.5 y 3 mm, dependiendo del material.



El calor se transfiere al material a ser soldado por una cuña caliente de temperatura controlada, calentada de forma eléctrica o mediante aire caliente.

La máquina puede ser usada sobre cualquier sustrato. La utilización de cada máquina se describe al detalle en el correspondiente manual del usuario.

Soldadura en caliente de Barra de aguas de Sika en la membrana Sikaplan® con cuchillas calientes.



Uniones a tope entre **Bandas Sika® del tipo AR / AF** se hacen con cuchillas de cobre calientes, mientras que los extremos de las barras se fijan con abrazaderas especiales.

# Inspección de la costura después de Soldada

## Prueba con Aire Comprimido



Las máquinas de doble cuña producen dos costuras soldadas a la vez. En los dos extremos de la costura doble, el canal entre las dos costuras a ser probado es cerrado con una pinza y se instalan un manómetro y una aguja. Una bomba de pie o un compresor de aire se conecta luego a la válvula y se desarrolla la correspondiente presión de prueba (la presión depende del material y de la temperatura; ver DVS 2225 Parte 2 / Tabla de presión de prueba).

Los parámetros estándar de prueba son los siguientes:

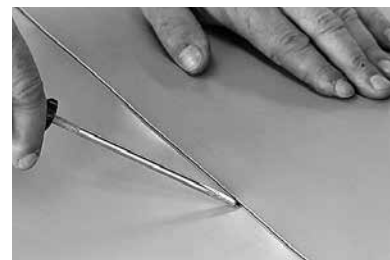
Duración de la prueba: 10 minutos; presión de la prueba: 1.5 – 2 bars, dependiendo de la temperatura y del espesor de la membrana; se considera que la costura es impermeable si la presión inicial en el canal de prueba no cae en más del 10% durante el período de prueba. Los valores de presión se registran, en particular la presión inicial y la presión final.

## Inspección Visual de la costura



Después de soldar, todas las costuras deben ser inspeccionadas visualmente respecto de la calidad del trabajo. Se debe prestar especial atención a las uniones T, penetraciones, y tapa-juntas.

## Pruebas Mecánicas de las costuras



Todas las soldaduras hechas a mano deben ser objeto de prueba mecánica una vez se haya enfriado totalmente. Para este fin, usar un destornillador (de 5 mm de ancho, con bordes romos). Aplique una leve presión a la costura, y no rasque la membrana. La prueba mecánica no mide la impermeabilidad; ayuda a detectar costuras que no estén completamente soldadas.

# Lista de Chequeo de la Impermeabilización

## Prueba de succión



Se pone una campana de vacío sobre el área a ser probada. Forme la succión con una bomba eléctrica.



La prueba de la impermeabilidad para el sistema de doble capa, que es el único sistema de impermeabilización que puede ser probado en cualquiera de las fases de la construcción.

### Aceptación del sustrato

- Asegúrese que el sustrato está parejo, liso y limpio de acuerdo con las especificaciones.

### Capa protectora y de nivelación

- ¿Son el tipo, peso y calidad los correctos?
- ¿Las costuras superpuestas están correctas?
- ¿El número de puntos de fijación es el correcto?

### Membrana Sikaplan®

- ¿Son el tipo, espesor y calidad los correctos?
- ¿Las costuras superpuestas están correctas? ¿Los cortes de campo?
- ¿La membrana se ha tendido sin arrugas?

### Soldadura de la membrana

- ¿La máquina de soldar está limpia (cuñas de calefacción)?
- ¿Se ha ajustado la temperatura, velocidad y presión correctamente?

### Revisar al soldadura

- Revise la doble costura con aire comprimido en concordancia con el manual de instalación.
- Revise la costura finalizada a mano con un destornillador como se recomienda.

### Transición a boveda invertida

- Corte los traslapes correctamente.
- Besele los bordes en las juntas T.
- Suelde las costuras transversales con la máquina soldadora.
- Pruebe las uniones soldadas con aire comprimido.

### Waterstops

- Revise la posición de los waterstops.
- Revise las soldaduras con aire comprimido.

### Capa de membrana protectora

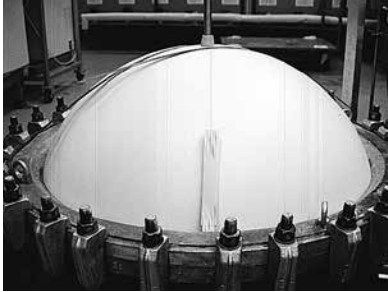
- Son el tipo, espesor y calidad las correctas?
- Son las costuras soldadas y las soldaduras de los waterstop, completos?.

### Aceptación de cada sección

- Inspeccione visualmente inspeccione la superficie impermeabilizada por daños o fallas.
- Asegure que los waterstop están limpios y libres de residuos.
- Asegure la aceptación por parte del supervisor de la obra.

# Calidad

El éxito de un proyecto de construcción viene determinado por la calidad en todos los aspectos. Así, el aseguramiento de la calidad es de particular importancia. Es por eso que nosotros buscamos entregar las siguientes características demostrables:



## Aseguramiento de la Calidad del Producto

Sika es innovador, usa materias primas de avanzada, tiene una intensiva investigación, usa métodos modernos de producción, asegura el monitoreo interno de los procesos y el monitoreo externo de los productos. Estos son los principios que nos rigen para poder ofrecer productos de alta calidad a nuestros clientes. Sin embargo, eso es sólo el comienzo de una larga cadena de procesos por los que pasa una membrana **Sikaplan®** para convertirse, en últimas, en un sistema de impermeabilización a la medida que protege al túnel contra el agua.



## Calidad del Material

- Productos y sistemas Sika especificados y con los costos optimizados
- Sistemas Sika certificados de acuerdo con las normas NEAT.
- Materias primas avanzadas y de alta calidad para productos de PVC-P y FPO.
- Know How material y experiencia basados en diferentes campos de aplicación en túneles, sótanos, techos, pozos y lagunas, protección frente al agua subterránea, sellamiento de tanques y piscinas.
- Sistemas completos, de materiales compatibles, incluyendo diseños y accesorios.



## Calidad de la Instalación

- **Costuras soldadas**  
Las costuras sin defectos pueden ser soldadas a mano y / o con máquinas soldadoras automáticas. La calidad de las costuras se prueba y se evalúa de acuerdo con la DVS 2225, Parte 2.
- **Lista de chequeo**  
Esta herramienta está adaptada para las condiciones específicas de cada trabajo. Es una parte de la administración de la calidad en el sitio de obra y sirve para reducir las fuentes de errores.
- **Reporte de prueba de campo**  
El reporte de prueba de campo ayuda a asegurar que todas las pruebas e inspecciones son realizadas para cada sección del túnel. El formato del reporte también documenta el alistamiento para la subsiguiente aplicación del concreto.
- Para más información sobre el trabajo con las membranas de Sika: los Manuales de Instalación de las Membranas Sika describen e ilustran cada paso del trabajo de detalle. Los Manuales de Instalación de Sikaplan PVC y para membranas TPO están disponibles, previa solicitud.

- La calidad en términos de cumplir de forma sustancial con todas las expectativas de los clientes.
- Competencia profesional en línea con conocimientos y tecnologías actualizados
- Entrega puntual de bienes y servicios
- Efectiva resolución de problemas, con acciones verificables



**Sika**®



**Una incorrecta mano de obra o una inadecuada instalación de la membrana de impermeabilización podrían significar que la estructura no es impermeable, y que por ende permite el ingreso de agua en el futuro. Los contratistas profesionales entrenados de Sika® y el Control de Calidad en el sitio de la obra son siempre recomendados para prevenir tales defectos.**



Soldadura no profesional



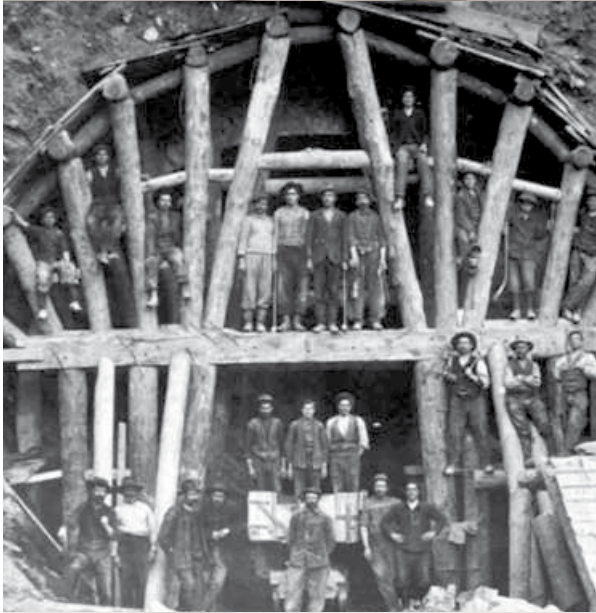
Soldadura Incorrecta



Ignorar los requerimientos del sustrato y omitir los materiales protectores de apoyo

# Estudio de Casos Globales

## Impermeabilización flexible con Membr



### Proyecto

- Tunel del ferrocarril - Gotthard / Suiza, año 1910.
- Protección de Electricidad en contra del agua.

### Solución Sika

- Sistema de drenaje.
- Mejoramiento de la estructura de hormigón con un compuesto de mezcla sellante.

### Productos

- Aditivo impermeabilizante **Sika-1** para mezclas.



### Proyecto

- NBS-Colonia-Rhein Main/ Alemania.
- Presión de agua 60 mts.

### Solución Sika

- Sistema Activo de Control con capa de doble membrana (3 + 2 mm) y control de succión.
- Uso de Membranas de TPO altamente flexibles (FPO), lo que permite soldar secciones difíciles de los túneles sin cortar (cruces) y por lo tanto reducir las costuras soldadas a mano y las pruebas de succión.
- Instalación de trancas para agua de poliolefinas compatibles con canales integrados de inyección y mangueras de lechada externas.

### Productos

- **Sikaplan® WT** 2200-32 HL2
- **Sikaplan® WT** 2220-25 HLE
- **Sikaplan® WT** Sábanas de Protección-30H
- **Bandas Sarnafil®** MP 6-STEGIG AFI 600/35
- **Sikaplan® W** FELT PP RIL 850
- **Sikaplan® WT** Abertura de control 6 mm PE
- **Sikaplan® W** Flexible PP protection pipe
- **Sikaplan® W** Tubo de control-PU
- **Sikaplan® WT** disco gris PE



Membranas de FPO altamente flexibles permiten soldar secciones difíciles de los túneles sin cortar.

# Trancas Sikaplan®



## Proyecto

- N4.1.5 Ueltlibergtunnel-Birnsdorf/ Suiza, 4200 m, 360000 m<sup>2</sup>
- NATM / TBM, superficie de shotcrete, flujo de agua 50 m. (parcial).

## Solución Sika

- Sistema de Tranca para agua con doble capa de membrana y sistema de drenaje (sistema de sello en redondo).
- Usando una innovadora barrera de inyección / Sistema de compartimientos en el área de las juntas de construcción horizontales.
- En las interfaces entre los diferentes conceptos de drenaje de impermeabilización (drenado / no drenado), fue necesario instalar un sistema de anillo de sellamiento muy preciso entre la roca y la membrana de impermeabilización. Este detalle fue resuelto con un **Sistema Sikadur Combiflex**.

## Productos

- **Sikaplan®30** PECO
- **Sikaplan®20/30** PECO DIA
- **Sika® Waterstop** AR 60-6 inject PECO
- **Sika® Waterstop** AR 40-6 inject PECO
- **Sika® Waterstop** AR-10/1 PECO
- **Sikadur®Combiflex®2502**



## Proyecto

- Túnel de autopista Bad Ems/ Alemania, 1.600 m, 36 500 m<sup>2</sup>.
- Agua termal de hasta 55°C, incluyendo ácido carbónico corrosivo con cal bajo presión.

## Solución Sika

- Sistema Tranca para agua.
- Sello a todo el rededor con una membrana poliolefina flexible de 3 mm – **Sikaplan®WT 1220-30 C** –incluyendo prevención contra la contracción con tela de fibra de vidrio.
- Instalación de trancas para agua de poliolefina flexible compatibles con la membrana, incluyendo uniones cruzadas prefabricadas.

## Productos Adicionales:

- **Sikaplan®W** FELT PP ZTV 950
- **Sikaplan®WT** Sábanas de Protección -30H
- **Sika® Waterstop** MP AF 240/30 (4 anclajes)
- **Sika® Waterstop** MP AF 400/30 (6 anclajes)
- **Sika® Waterstop** MP DF 400/30 (6 anclajes)
- **Sikaplan®WT** disco gris PE



# Estudio de Casos Globales

## Impermeabilización Flexible con Membranas



### Proyecto

- Túnel Katzenberg / Alemania, cruce, cruce, 90 mWS.
- Túnel Principal con elementos prefabricados de hormigón / tubos (TBM).

### Solución Sika

- Sistema de Trancas para agua.
- Uso de membranas TPO altamente flexibles (FPO) para garantizar un ajuste preciso con el perfil de la superficie y para mejorar el trabajo y el reparcheo.
- Instalación de trancas para agua de poliolefina flexible compatibles con la membrana, incluyendo cuatro canales de inyección integrados.

### Productos

- Sikaplan® W FELT PP RIL 850
- Sikaplan® WT 2200-32HL2
- Sikaplan® WT 2200-42HL2
- Sarnafil® Waterstop AF-600/34 MP Inyección
- Sikaplan® WT disco gris PE



### Proyecto

- Túnel Islisberg/ Suiza.
- Instalación completamente automática con fundido caliente en elementos de hormigón prefabricado / tubos.

### Solución Sika

- Sistema de Drenaje.
- Usando una membrana con respaldo de fieltro de PVC (500 g/m<sup>2</sup>) impermeable.
- Para prevenir el proceso crítico de desprendimiento entre la membrana y el fieltro causado por el agua y por el peso, la laminación entre ellas debe ser mayor que el 80% de la superficie.
- Comportamiento de fuego de la membrana 5.1 de acuerdo con SIA V 280, auto extinguido, causado por la instalación altamente continua de la membrana sin revestimiento final de hormigón.

### Productos

- Sikaplan® WP 2110-20 HL Felt 500
- Sikaplan® WP 2160-20 HL Felt 500





# mas Sikaplan®



## Proyecto

- Túnel de Carretera N 20.1.4- Birnsdorf-Hafnerberg/ Suiza, 130 000 m<sup>2</sup>.
- Presión del agua.

## Solución Sika

- Sistema de Tranca para agua.
- Usando un anclaje de PVC para fijar el refuerzo del recubrimiento interior al cascarón exterior sin perder la impermeabilidad en caso de penetración de la membrana.

## Productos

- **Sikaplan® WP** 2110-30HL
- **Sikaplan® WP** Sábanas de Protección -40HE
- **Sikaplan® WP** Anclaje 16/200
- **Sikaplan® WP** Disco 80/10mm amarillo



## Proyecto

- AlpTransit/NEAT-Gotthard-Sección Bodio/ Suiza, año 2007, 16.5 km, 1.8 Mill m<sup>2</sup>.

## Solución Sika

- Sistema de Drenaje.
- Instalación completamente automática con discos de fijación Velcro.
- Tecnología de fijación en el sitio en combinación con una membrana con respaldo de fieltro de PVC-P (200 g/m<sup>2</sup>, PP).
- Garantía de ajuste preciso a la superficie de shotcrete (maquinado) y por ende mejoramiento de la calidad del sistema.
- La membrana de impermeabilización de acuerdo con los requerimientos de NEAT – Alp Transit.

## Productos

- **Sikaplan®-14.6** Neat F 200 Klett (Sistema 216)



# Estudio de Casos Globales



## Proyecto

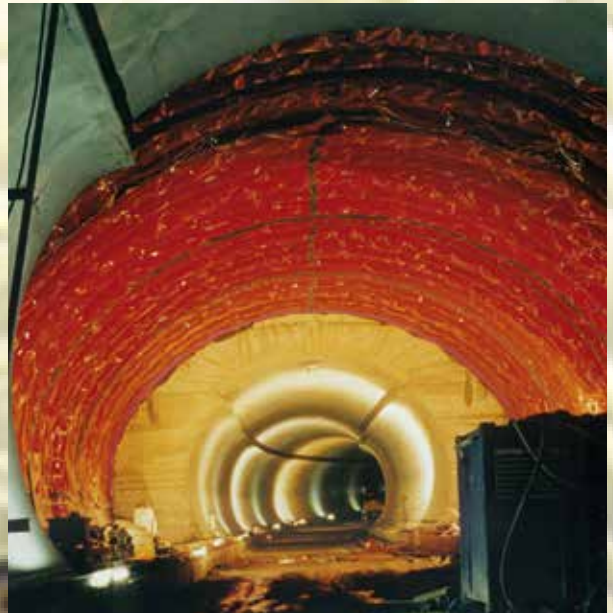
- Túnel Mrazovka, República Checa.
- Presión de agua 40 m.

## Sika Solution

- Sistema Tranca para agua con 3 mm de membrana FPO+.
- Usando membranas de TPO altamente flexible (FPO) que permite soldar secciones difíciles de los túneles.
- Instalación de membrana flexible poliolefina con trancas para agua con canales de inyección integrados.
- Inyección de material con base de cemento del fondo hasta arriba, aproximadamente 8.6 l/m<sup>2</sup> (promedio).
- Inyección de material basado en PU.

## Productos

- **Sikaplan® WT 2200-30HL2**
- **Sikaplan® WT** Hoja de Protección -30H (Sarnafil Schutzbahn N8-30)
- **Banda Sarnafil® MP 6-STEGIG AFI 600/35**
- **Sikaplan® W FELT PP 500 (SARNAFELT PP 500)**
- **Sikaplan® WT** Control enchufes 14 mm PE
- **Sikaplan® W** Flexible PP protección de tubos
- **Sikaplan® WT** disco gris PE
- **Sikaplan® WP** anclaje 16/120



## Proyecto

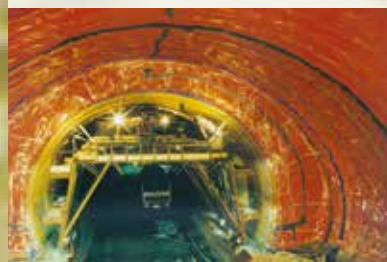
- Túnel Gernsbach, Alemania.
- Primer proyecto de túnel que usa Sistema Activo de Control.
- Presión de agua 40 m.

## Solución Sika

- Sistema con Control Activo.
- Membranas de PVC con capas de señal (2 + 2 mm).

## Productos

- **Sarnafil® G 476-20**
- **Sarnafil® GN 479-25**, incluyendo cobertura de fibra de vidrio y nuditos.
- **Sikaplan® WP** Sábana de Protección -30 H.
- **Sikaplan® WP** discos.



# Experiencia Sika en impermeabilización por casi 100 años

Ya desde 1920, cuando comenzó la electrificación de los ferrocarriles, se reconoció la importancia de la impermeabilización de los túneles. Hoy en día, la impermeabilización de estructuras de tráfico subterráneas es exigida por los especialistas. Con su mezcla de fraguado rápido, Sika no sólo suministró la primera respuesta de la época a la impermeabilización de túneles, sino que en consecuencia estaba involucrada con gran influencia, hasta la fecha, en el desarrollo de nuevas tecnologías, como lo demuestra la breve historia que presentamos a continuación:

**1910** Túnel férreo Gotthard (Suiza) impermeabilización con emboquillado de mezcla con **Sika®-4**, impermeabilización de la superficie con **Sika®-1**.

**1930:** Metro de París, Estación Chalifert (Francia), impermeabilización con mezclas **Sika®**.

**1940:** Estación Eléctrica Oberhasli (Suiza). Impermeabilización preliminar con **Sika®-4a**.

**1950:** Túnel Kerenzler en la autopista Walensee (Suiza); aislamiento de la banda interior del túnel con fieltros de betún **Sika®**.

**1960:** Túnel Loibl, Carintia, Austria, impermeabilización del túnel con recubrimiento **Sika® Colmasyn** de poliéster.

**1960:** Túnel Felber – Tauern (Austria); impermeabilización preliminar con **Sika®-4** a y aplicación de capa de shotcrete con **Sigunit®** y **Sikalite®**.

**1968:** Túnel en la autopista Belchen (Suiza): Instalación de membrana impermeable PVC-P de 1 mm de espesor, asegurada puntualmente con aplicadores a presión.

**1968 / 69:** Túnel Bärenburg (A13 / Suiza); membrana impermeabilizadora (Sarnafil) con tecnología de fundido al calor rápido.

**1968:** Túnel Arisdorf (A2 / Suiza): Membrana de PVC-P hecha en Düdingen, Suiza.

**1969:** Viamala, Túnel Rofla (Suiza). Impermeabilización con membranas de betún **Sikaplan®**, completamente pegada al anillo de hormigón interno con adhesivo sellante caliente.

**1971:** Túnel Ferroviario Furka (Suiza); impermeabilización preliminar de la superficie con máquina mediante **SikaShot®** (hormigón premezclado / membrana proyectable).

**1972:** Túnel vehicular Gotthard (Suiza): Aplicación de hormigón resistente al congelamiento con aditivo **Plastocrete®**.

**1976:** Túnel Schönbucht (Alemania), Herrenberg, sellamiento resistente a la presión del agua con **Sikaplan®** (Sarnafil®). Membranas TPO, costura doblemente sellada con canal de prueba.

**1977:** Túnel Seelisberg (Suiza) Utilización de acelerador de fraguado **Sigunit®** e impermeabilización con el **Bituflex – Sika Norm Hypalon**.

**1978:** Túnel Belmont (Suiza): Impermeabilización con membranas **Sikaplan®PVC-P** para túneles, puntualmente aseguradas mediante el “método de suspensión”.

**1978:** Foso de ventilación para el túnel vehicular Gotthard, impermeabilización con membrana de túnel **Sikaplan®PVC-P**, en versión muy incombustible y con capa de señal incorporada.

**1984:** Túnel Gubrist (Suiza), PVC – P **Sikaplan®** totalmente pegado, con capa de señal de fieltro y respaldo.

Impermeabilización del tramo cubierto de Sévaz, A1, Suiza, con membrana de PVC – P **Sikaplan®** totalmente pegada.

**1990:** Túnel Planzeta Sierre A9 (Suiza), impermeabilización con membrana **Sikaplan® FPO**.

**1995:** Túnel Gernsbacht (Alemania), primer sistema de Control Activo con una membrana de PVC – P.

Túnel Grisberg A7, Kreuzlingen (Suiza),

impermeabilización con PVC – P contra agua a presión (25 m WS), con fijación puntual basado en la tecnología de Velcro de Sika.

Túnel Önsberg (Suiza); tecnología de fijación adhesiva con instalación totalmente automática, **Sikaplan® PECO** on respaldo de fieltro en los tubos. Túnel NBS / Colonia Rhein / Main (Alemania). Túnel bajo presión del agua (60 m Ws). Sistema de Control Activo con **FPO Sikaplan®** (Sarnafil).

Base de túnel de Lötschberg (Suiza): Impermeabilización con **Sikaplan® PVC – P**.

**2006:** Metro de Sao Paulo, Brasil: impermeabilización con membrana PVC – P de acuerdo con la norma SIA V 280.

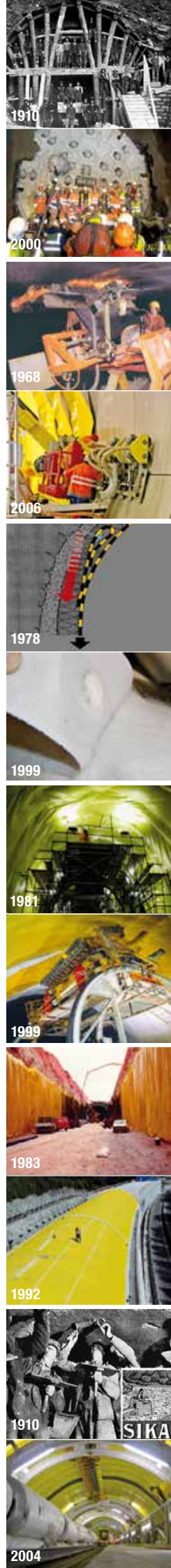
Túnel de Hallandsas (Suecia): Sección de cruce 120 m. Membranas **Sikaplan® (Sarnafil)® FPO**.

Túnel Islisberg (Suiza): Tecnología de fijación adhesiva con instalación totalmente automática. **Sikaplan®PVC-P** con fieltro de respaldo para los segmentos prefabricados de hormigón, entubación.

**2007:** Túnel Grouft (Luxemburgo): Impermeabilización con PVC-P con resistencia al fuego 5.1 de acuerdo con la SIA V 280.

**2007:** Túnel Katzenberg (Alemania) 90 m WS sección de cruce, **Sikaplan®** (Sarnafil)FPOy nueva generación de trancas para agua de Sika. Cadena de Túneles Perschling y túnel Wienerwald (AT). Tecnología de fijación adhesiva-coninstalacióntotalmente automática. **Sikaplan® PVC-P** con respaldo de fieltro para los tubos.

**2008:** Túnel San Gotthard / AlpTransit: fijación puntual basada en la tecnología de Velcro de Sika **Sikaplan® PVC-P Neat** con fieltro de respaldo y **Sikaplan®** (Sarnafil) FPO Neat.



# Competencia de Sika en los Túneles



Estabilización de rocas con resinas  
**Sika®Injection**

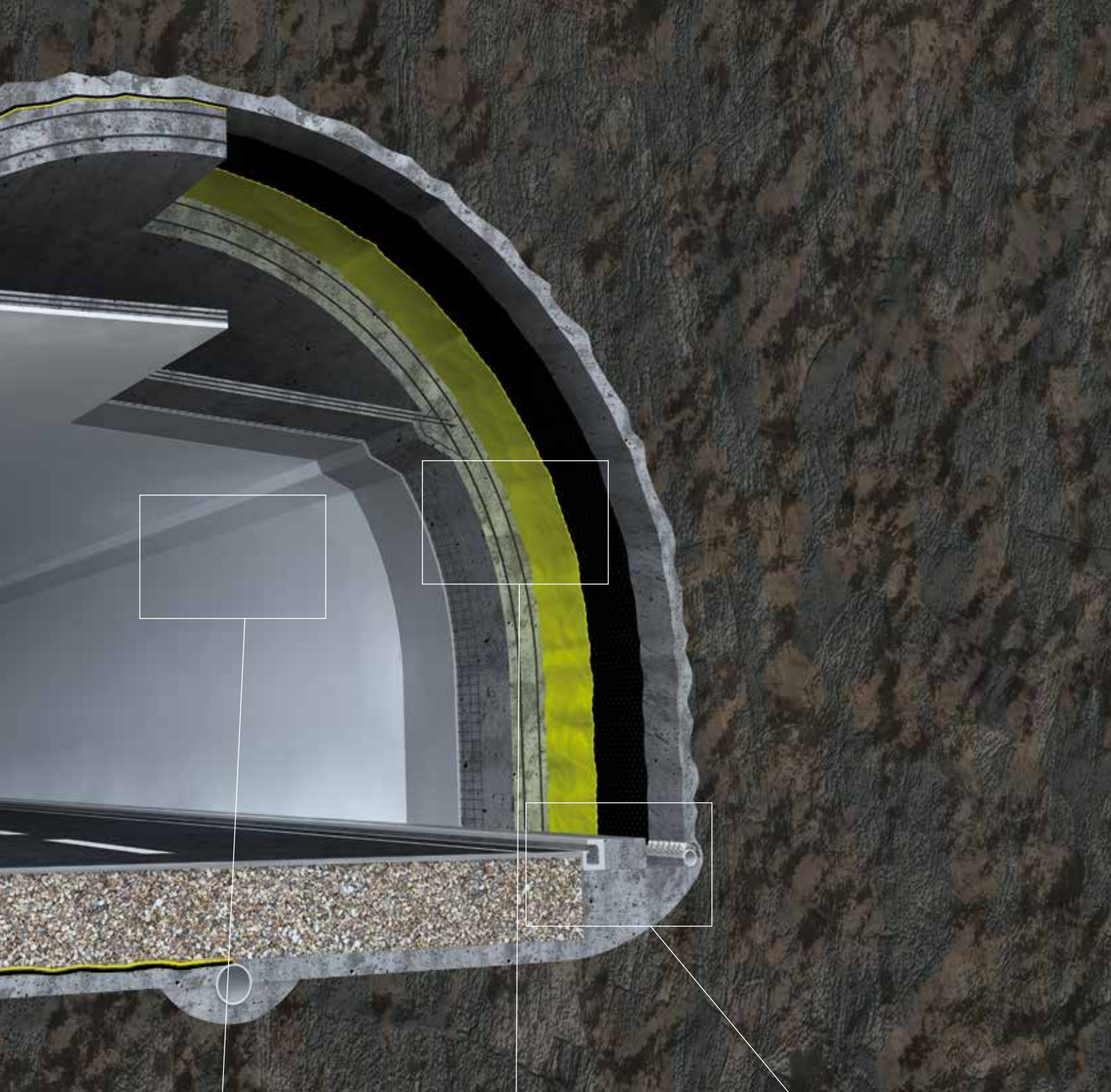


Hormigón lanzado con  
**SikaCem®-Gunite®**

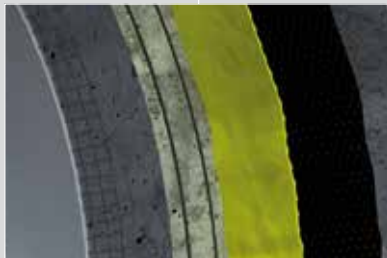


Elementos de entubación / de hormigón prefabricados **Sika®ViscoCrete®**  
**SCC** Tecnología de aditivos de hormigón





Protección de muros con **Sikagard®-Wallcoat**



Impermeabilización flexible con **Sikaplan®**



Especialidades mexclas **SikaGrout®**  
Adhesivos epóxicos **Sikadur®**

Sello de juntas y de fisuras  
**Sistema Sikadur®-Combiflex®**  
**Bandas Waterbar®** ángulo de drenaje  
**Sikaplan® WP**

# Tecnología Sika® de inyección para im construcción o trabajos de reparación

## Soluciones para fugas y daños constructivos



### Daño del Hormigón

El daño del concreto puede ocurrir de varias maneras, pero principalmente por la dificultad en interpretar aspectos de diseño, compactación inadecuada o inoportuna, o de forma accidental. Sika produce un completo rango de sistemas de reparación del concreto, compatibles con los sistemas de impermeabilización

### Fisuras / Alveolado

Los vocablos “impermeable” y “hermético al vapor” no significan “libre de fisuras”. El fisuramiento siempre puede ocurrir en el hormigón, tanto en su estado plástico como en su estado endurecido, por causa del estrés que se le imprime. Esto incluye las fuerzas internas causadas por los cambios en la temperatura y el contenido de agua. Sika tiene un completo rango de productos y sistemas para la reparación



### Sello e Impermeabilización de Fisuras

El cierre, sellamiento y arreglo flexible de fisuras con fugas y alveolado o cavidades en estructuras nuevas y existentes:

#### Sika® Injection-101

Inyección de Poliuretano de producción de espuma rápida y baja viscosidad para la detención temporal del agua.

#### Sika® Injection-201

Inyección de resina de poliuretano flexible de baja viscosidad para sellamiento impermeable permanente.

#### Sika® InjectoCem-190

Inyección de lechada de dos componentes basada en cemento microfino.

### Impermeabilización de Uniones de Construcción

Para el sellamiento de uniones de construcción en una estructura impermeable, Sika suministra un completo rango de productos y sistemas:

#### Sika® Injection-29

Inyección de resina de poliacrilato de baja viscosidad con un alto contenido de sólidos.

#### Sika® Injection-201

Inyección de resina de poliuretano flexible de baja viscosidad para sellamiento impermeable permanente, aún en condiciones húmedas.

#### Sika® InjectoCem-190

190Inyección de lechada de dos componentes basada en cemento microfino para el sellado impermeable de fallas y fisuras no – móviles en la estructura.

### Sellamiento de la superficie

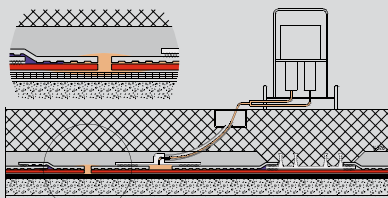
El sellamiento remedial de la superficie mediante la inyección en cortina de los defectos en la superficie en estructuras subterráneas de concreto:

#### Sika® Injection-304

Inyección de gel de poliacrilato flexible, de muy baja viscosidad y muy rápido cuajado para el sellamiento impermeable permanente. El material hace una reacción para formar un gel impermeable, flexible pero sólido con buena adhesión a sustratos tanto secos como mojados.

# permeabilizar uniones de

## Impermeabilización de Membranas Dañadas



Reparación por inyección de membranas de impermeabilización dañadas (sistemas de capa doble o sencilla)

### Sika® Injection-305

Inyección poliacrílica flexible, de muy baja viscosidad y de cuajado rápido para sellado impermeable permanente de membranas dañadas (sistemas de capa doble o única). El material hace una reacción para formar un gel impermeable, flexible pero sólido con buena adhesión a sustratos tanto secos como mojados.

## Compartimentización de Barra de aguas



Para asegurar la inserción impermeable de los anclajes, el sistema de trancas para agua usa trancas para agua inyectables. Los potenciales bolsillos de aire o imperfecciones menores del hormigón pueden ser inyectados con este sistema, pero no es posible usar el sistema para llenar huecos grandes que hayan aparecido por un trabajo de hormigón inadecuado o incompleto.

### Sika® Injection-201

Inyección de resina de poliuretano flexible de baja viscosidad para sellamiento impermeable permanente de fisuras y uniones de construcción. Al contacto con el agua, forma una estructura porosa uniforme, cerrada y por lo tanto impermeable.

## Bombas de Inyección y obturadores Sika®

### Bombas de componente único para resinas de poliuretano, de poliacrilato y epóxicas

Las bombas Sika® de inyección de componente único son dispositivos universales de inyección idóneos para un amplio rango de aplicaciones. Están diseñadas para el uso profesional en inyección de fisuras y para el sistema Sika®Inyecto-Flex. Las bombas de inyección Sika®EL - 1, EL - 1, EL - 2, Mano-1 y Mano - 2 sirven para resinas Sika de inyección de poliuretano, de poliacrilato y epóxicas.



### Equipo de Mezcla y Bombeo para Suspensión de Cemento Microfino

La mezcladora coloidal Mezcladora de Inyección Sika®C-1 está diseñada para La mezcla completa y a fondo de suspensiones de cementos microfinos de Sika. La mezcladora coloidal Mezcladora de Inyección Sika®C-1 está diseñada para La mezcla completa y a fondo de suspensiones de cementos microfinos de Sika®. La Bomba de Inyección Sika® MFC-1 se usa para el bombeo de suspensiones de cemento microfino Sika®. Ofrece un bombeo continuo sin separación de la suspensión.. La Bomba de Inyección Sika® MFC-1 se usa para el bombeo de suspensiones de cemento microfino Sika®. Ofrece un bombeo continuo sin separación de la suspensión.



### Bombas de Dos Componentes para Geles de Poliacrilato

Sika® Injection Pump PN-2C. La Bomba de Inyección Sika®PN-2C está especialmente diseñada para la inyección de cortina. Se requiere una bomba de dos componentes para estos geles de poliacrilato de reacción rápida. Los componentes individuales de la resina se introducen a la cabeza mezcladora de forma independiente. El proceso de mezcla ocurre en una mezcladora estática colocada en la cabeza mezcladora.



Las obturadoras de inyección Sika® se usan como conectores entre la bomba de inyección y la estructura. Sika® ofrece un completo rango de obturadoras para distintas aplicaciones.

### Boquillas Mecánicas

Para inyección de alta y baja presión donde es posible perforar agujeros para inyección.



### Boquillas de superficie

Para inyección de baja presión, donde no es posible perforar.

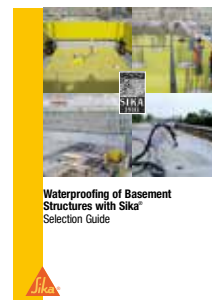


# Impermeabilización Flexible de Túneles con Membranas Sikaplan®



Sika es una compañía activa globalmente en el negocio de especialidades químicas y de la construcción. Tiene instalaciones de subsidiarias para fabricación, ventas y soporte técnico en más de 70 países alrededor del mundo. Sika es EL líder global de mercado y tecnología en impermeabilizantes, sellantes, adhesivos, amortiguación, reforzamiento y protección de edificios y estructuras de ingeniería civil. Sika tiene más de 12.000 empleados alrededor del mundo y por lo tanto tiene una posición ideal para apoyar el éxito de sus clientes.

## También disponible de Sika



**Sika S.A. Chile**  
Pdte. S.Allende N° 85,  
San Joaquín  
Santiago, Chile.  
Tel: (56 2) 510 65 00  
Fax: (56 2) 552 37 35  
[www.sika.cl](http://www.sika.cl)

La información y, en particular, las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika son basadas en nuestro conocimiento y experiencia de su uso normal siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados y aplicados. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones reales de la obra son tan particulares que de esta información, o cualquier otro consejo dado verbalmente no se puede deducir garantía alguna respecto de resultados responsabilidad alguna que surja de cualquier relación legal, a no ser que hayamos incumplido deliberadamente o seamos culpables de culpa grave. El usuario deberá demostrar que ha entregado a Sika total y completamente, por escrito, toda la información necesaria para que Sika haga una valoración justa y apropiada. El usuario deberá probar el producto de manera idónea para el uso y propósito planeado. Sika se reserva el derecho de cambiar las especificaciones del producto. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.



Nuestras condiciones de venta más recientes aplican.  
Sírvese consultar la Hoja Técnica del Producto antes  
de cualquier uso o proceso.

