

## SIKA AT WORK

### TÚNEL BASE SAN GOTARDO

El Proyecto del Siglo

## Editorial



Estimados lectores,

Veinticinco años después de mi primera reunión con el cliente Swiss Railways (SBB), el túnel ferroviario más largo del mundo se encuentra oficialmente en servicio.

El túnel Base San Gotardo es un récord mundial.

En 1992 Sika comenzó las pruebas preliminares para SBB en el Laboratorio de Hormigones de Zúrich, en un momento en que el cliente y sus ingenieros no estaban seguros de las características de los materiales que debían solicitar, debido a las altas especificaciones necesarias para una estructura que debía cumplir "100 años de vida útil". Sika nuevamente fue pionero con su conocimiento especializado y su experiencia en tecnologías de aditivos para hormigón, y así responder a un desafío que condujo al desarrollo de nuevos productos.

Los dos principales túneles en paralelo, cada uno de 57 kilómetros de largo, con otras 100 de conexiones, túneles de acceso y ventilación, forman un largo sistema de 152 kilómetros de largo. En total, se fracturaron y removieron más de 28 millones de toneladas de roca, equivalente a un volumen de más de 15 millones de m<sup>3</sup>. Alrededor del 25% del material fue clasificado, lavado, chancado y reprocesado para producir hormigones de alta calidad debido al uso de aditivos. En ese sentido, Sika contribuyó con su avanzada tecnología para la producción de más de 2 millones de m<sup>3</sup> de hormigón de calidad con propiedades especiales. Lo que se inició en 1993 en el túnel

de exploración Piora, con el desarrollo de nuevas tecnologías de aceleradores, se tradujo en el proceso principal de la construcción de túneles con hasta 4 aditivos para hormigón y al mismo tiempo en el diseño de mezclas únicas y a la medida para la obra. De este modo, el proyecto de San Gotardo se convirtió en todo un icono para Sika, más de 2/3 del proyecto de construcción fueron adjudicados a nuestra compañía, con un valor en productos de más de 200 millones de francos suizos (unos 185 millones de euros). Junto con SikaBau AG, obtuvimos los contratos más grandes en la historia de Sika para la impermeabilización de las dos secciones del sur de San Gotardo.

Inicialmente y antes de proveer un solo producto para la construcción, Sika invirtió más de 3 millones de francos suizos en el transcurso de un año de precalificación y en el desarrollo de nuevos materiales, asumiendo los riesgos que involucraba el desafío, con una gran convicción de que los grandes retos técnicos se podían superar con la creación de estos nuevos productos y soluciones. En ese camino, hubo que romper muchos mitos "no funciona" y "no existe" no eran parte del vocabulario de Sika. Después de un selectivo proceso de desarrollo, los nuevos productos y sistemas fueron sometidos a rigurosas pruebas en terreno, tanto por Sika como aquellas oficialmente designadas por los mandantes del proyecto, tales como EMPA para la aprobación antes de entrar en producción.

Quiero agradecer a la Gerencia de Sika por su visión empresarial y a todos nuestros colegas de Investigación, Ingeniería y Ventas involucrados en el proyecto por su impresionante compromiso y deseo permanente para lograr grandes cosas en San Gotardo. El Túnel Base San Gotardo fue un proyecto pionero de la ingeniería Suiza, construido por "héroes subterráneos" de muchos países y que fue posible, a través de la más modernas y avanzadas tecnologías de hormigón e impermeabilización de Sika. Muchos nuevos productos de Sika, ahora en venta en todo el mundo, tienen el "ADN" de las especificaciones de San Gotardo, debido a que fueron originalmente desarrollados para una solución específica de una "estructura centenaria", una verdadera maravilla de la ingeniería moderna.

Felicitaciones a todos los colegas de Sika y participantes en el proyecto. Juntos podemos mover montañas y debemos estar asombrados y orgullosos por lo conseguido. El Túnel Base San Gotardo es un monumento que sienta nuevos precedentes y frente al cual muchos túneles futuros y otros proyectos de gran infraestructura deberán medirse.

ERNESTO SCHÜMPERLI

Presidente División Hormigón e Impermeabilización

## CONTENIDO



HECHOS Y CIFRAS.....	4
SIKA Y SAN GOTARDO .....	5
HITOS CLAVES EN LA HISTORIA .....	6
EL PROCESO DE PRECALIFICACIÓN.....	8
HECHOS DESTACADOS DE LA CONSTRUCCIÓN.....	11
PRODUCTOS Y SERVICIOS SIKA EN TERRENO .....	13
MÁQUINAS DE PROYECCIÓN ALIVA.....	17
SIKABAU.....	18
EL NRLA DESDE MI PERSPECTIVA.....	21
ENTREVISTAS EN TERRENO .....	23
DECLARACIONES.....	27

## HECHOS Y CIFRAS

### La Historia de San Gotardo



- Longitud, 57 kilómetros (túnel ferroviario más largo del mundo)
- 152 kilómetros de túnel en roca
- Tiempo de tránsito en el túnel, 20 minutos para trenes de pasajeros
- Capacidad del túnel, hasta 260 trenes de carga y 65 trenes de pasajero diarios
- Velocidad máxima, trenes de carga 160 km/h, trenes de pasajeros hasta 250 km/h
- Tránsito 60 minutos, más rápido desde Zúrich a Milán
- Paralelo de túneles de una sola vía, conectados cada 325 metros por túneles transversales
- Cima del túnel, 500 m sobre el nivel del mar
- Máximo manto de roca, 2.300 metros de altura
- Período de construcción, excluyendo el trabajo exploratorio, 17 años
- 28,2 millones de toneladas de material excavado
- Túnel principal perforado con tuneladoras (80%) y sistema Drilling & Blasting (20%)
- 48.000 horas de trabajo ininterrumpido
- Proceso de calificación 1996 – 2002 con pruebas extensivas e inversión previa de más de 3 millones de CHF
- Costo total del NRLA con Lötschberg y el Túnel de Base San Gotardo y Ceneri, CHF 23 billones
- Participantes en el proyecto, 2.600 personas
- Puesta en marcha del Túnel Base San Gotardo, 01 Junio de 2016.

#### Productos y Servicios de Sika

- Aditivos Sika para más de 2 millones de m<sup>3</sup> de hormigón
- Membranas impermeabilizantes y juntas para más de 3 millones de m<sup>2</sup>
- 20.000 toneladas de aditivos para hormigón
- 40.000 toneladas de conducción de materiales
- Sistema de hormigón proyectado y equipo robotizado en máquinas tuneladoras para un avance eficiente
- Consumibles y productos adicionales de todo tipo de tecnologías Sika
- 12.662.500 minutos de trabajo

# SIKA Y SAN GOTARDO

## Un éxito rotundo



### LA HISTORIA DE ÉXITO SE INICIÓ HACE 100 AÑOS

Cuando el Túnel Base San Gotardo, se abrió oficialmente el 1° de junio de 2016, la barrera entre el norte y el sur de Europa, finalmente fue derribada. Gracias al túnel ferroviario más largo del mundo, los trenes correrán a través de los Alpes sin necesidad de ascender el macizo. Un hito en el transporte y para la movilidad en el futuro.

El Túnel Base San Gotardo, es algo nuevo y especial en la excavación de túneles. Atraviesa los más altos macizos de los Alpes y se extiende unos 2.000 metros bajo la roca y sólo está a unos 550 metros sobre el nivel del mar en su punto más alto. Para los trenes de carga pesada y modernos trenes de alta velocidad, esta nueva línea reduce el tiempo de viaje desde Zúrich a Milán en alrededor de una hora.

La ruptura del 15 de octubre de 2010 fue el momento en que estaba claro que esta estructura de cien años – el Túnel Base San Gotardo – se completaría exitosamente. Once años después de las primeras operaciones de tronadura, el túnel se abría camino. Al momento de su puesta en marcha, el 1° de junio de 2016, se había construido un total de 152 kilómetros de sección de túnel y se habían excavado 28 millones de toneladas de rocas desde la montaña.

### San Gotardo – donde todo comenzó para Sika

Hace 100 años, la historia de éxito del Grupo Sika – ahora una operación multinacional – también comenzó en el túnel San Gotardo, con la impermeabilización de la zona de electrificación del túnel en 1918, ahí Sika creó las condiciones para el éxito del túnel ferroviario en el eje norte-sur, así como las bases para el éxito global de la empresa. El Túnel Base San Gotardo planteó desafíos similares a aquellos de 1918 junto con otros bastante nuevos.

No tan solo las dimensiones de la estructura de la obra, exigieron a los ingenieros de túneles, sino también la exposición a las altas temperaturas de 30 a 40°C bajo tierra. Las especificaciones de materiales y de ingeniería, tales como la vida útil del hormigón para 100 años, eran un tema central de esta centenaria estructura y debían cumplirse.

### Experiencia de construcción de Sika

El nuevo Túnel San Gotardo, requirió de toda la experiencia de construcción de Sika. Suministramos el sistema de impermeabilización, las soluciones químicas para las estructuras y maquinarias de este proyecto. El sistema completo de impermeabilización del túnel también fue instalado de manera muy profesional por Sika. La excavación del túnel, se estabilizó mediante el uso de hormigón proyectado, aplicando aditivos Sika de alto desempeño y equipos para hormigón proyectado. Las membranas impermeabilizantes Sikaplan® fueron instaladas en el manto superior del revestimiento por SikaBau AG. Luego, se aplicó el revestimiento interior de hormigón con aditivos Sika, con especificaciones de alta precisión dada la geometría del túnel.

### Personas construyen para personas

El túnel ferroviario, más largo del mundo, es el corazón del nuevo enlace ferroviario AlpTransit (NRLA), que encarna los valores suizos: la innovación, precisión y confiabilidad. Los valores que el personal de Sika también llevó consigo a todos los niveles para contribuir al éxito de esta centenaria estructura. En conjunto con el orgullo y la satisfacción por los resultados de esta gran obra de ingeniería, a lo largo de sus 14 años de construcción, Sika dio continuidad a su espíritu de construir con y para la gente. Así lo demuestra este impresionante Proyecto Rodoviario.



**FECHAS CLAVES EN LA HISTORIA**

El Túnel Base San Gotardo es otro hito en la larga y colorida historia de un pueblo de montaña que comenzó con carruajes.

#### **1830 – EL PRIMER AUTO POSTAL**

Cuando se abrió el primer camino en 1830, una carroza corría entre Flüelen y Chiasso tres veces a la semana. Se usaban carrozas de un caballo con dos o tres asientos. El gran período del correo de San Gotardo no se inició sino hasta 1842, cuando una carroza de cinco caballos y diez asientos corrió diariamente en ambas direcciones. El viaje a Flüelen tomaba exactamente 23 horas.

#### **1882 – INAUGURACION DE LA LÍNEA FÉRREA DE SAN GOTARDO**

El túnel de la cumbre -San Gotardo- con 15 kilómetros de línea férrea era el más largo del mundo. En rigor, el correo empezó a ser enviado a través del túnel en 1881, cuando sólo se completó el trabajo estructural. Los difíciles y peligrosos viajes por la montaña habían quedado en el pasado.

#### **1918 – ELECTRIFICACIÓN DEL TÚNEL FERROVIARIO**

El 16 de febrero de 1916, la Dirección de SBB decidió electrificar el ferrocarril de San Gotardo desde Erstfeld hasta Bellinzona. El problema principal, era obtener el suministro de carbón durante la Primera Guerra Mundial, a través de la presión por completar los planes rápidamente, las locomotoras eléctricas eran mucho más eficientes que las de vapor, resultando en tiempos de viaje más rápidos. Esta electrificación empezó de acuerdo a lo previsto en 1918 y toda la sección de Erstfeld a Biasca se inauguró el 12 de diciembre de 1920.

#### **1922 – PRIMER CRUCE DEL PASO DEL FURGÓN DE CORREOS**

Se dice que el primer coche pasó a través de San Gotardo en 1895. El último carruaje de caballos lo hizo en 1921. El año siguiente vio la llegada del coche alpino: el primer furgón de correos había comenzado sus operaciones.

#### **1980 – INAUGURACIÓN DEL TÚNEL CARRETERO**

El siguiente récord de San Gotardo, corresponde a los 16.9 kilómetros de túnel ferroviario, inaugurados en 1980 y durante muchos años el más largo del mundo, que agilizó la conexión y el tráfico entre Uri y Tesino.

#### **2016 – INAUGURACIÓN DEL TÚNEL BASE SAN GOTARDO**

La nueva estructura centenaria en San Gotardo, gracias al túnel base, los futuros trenes de alta velocidad correrán a través del macizo hasta 250 kilómetros por hora, a pesar de que el túnel fue construido principalmente para trenes de carga. Se planifica que hasta cinco de ellos corran en cada dirección. Correrán diariamente entre Härkingen y Cadenazzo, reduciendo el tiempo de viaje en más de 45 minutos.



## EL PROCESO DE PRECALIFICACIÓN

### 100 AÑOS DE VIDA ÚTIL

El cliente AlpTransit, especifica una vida útil de 100 años, sin mantención significativa al túnel, es decir, un siglo de durabilidad para el hormigón y los sistemas impermeabilizantes. Por primera vez, el cliente especificó un proceso de precalificación bajo el cual los oferentes tenían que calificar de modo separado, más de tres etapas de los trabajos, en los cinco contratos de construcción del proyecto:

- Etapa 1: Certificación de aptitud técnica y de producción "Etapa 1 Documentos de Postulación Marzo de 1996".
- Etapa 2: Pruebas preliminares de hormigón con áridos originales, pero sin cumplir con las difíciles condiciones de temperatura; los resultados determinaron quién podía participar en las pruebas principales.
- Etapa 3: Pruebas principales; producción de hormigón grados OB 1 y 2 y SB 1 y 2 bajo la supervisión del cliente, cumpliendo con todas las condiciones externas. Los exitosos resultados fueron la base de la inclusión de la lista de grados en los documentos de la propuesta.

Tabla 1: Requerimientos de durabilidad del hormigón grados OB 1 y OB 2

Grado de hormigón (=B = puesto en terreno)	OB 1	OB 2
Clase de resistencia SIA 162/1, pruebas 1 / 2	B 45/35	B 45/35
Estanqueidad (conductividad del agua) SIA 162/1, pruebas 5 / 7	≤ 12 g/m <sup>2</sup> h	≤ 8 g/m <sup>2</sup> h
Resistencia química (sulfato) XA2 bajo prEN206, 1997 Evaluación final después de 720 días	-	≤ 0.50
Contracción SIA 162/1, prueba 4	-	Lo más bajo posible
Contenido mínimo de cemento	≥ 325 kg/m <sup>3</sup>	≥ 330 kg/m <sup>3</sup>
Contenido máximo de agua	≤ 0.50	≤ 0.50

Tabla 2: Requerimientos de trabajabilidad para el hormigón de grados OB 1 y OB 2

Grados de hormigón (OB = puesto en terreno) OB 1 y OB 2
Requerimiento del tiempo de trabajo: Bombeable durante 6 horas a 100 metros
- Temperatura del hormigón fresco: sin aumento significativo en más de 6 horas
- Temperatura de almacenamiento de hormigón fresco: 25 a 30°C
- Áridos: Material excavado de San Gotardo
Requerimiento de desarrollo de resistencia temprana

>5 N/mm<sup>2</sup> después de 12 horas

- Producción de muestras después de 4 y 6 horas
- Temperatura de almacenamiento de la muestra: 35°C

Las pruebas principales se realizaron en el túnel VSH (VersuchsStollen Hagerbach AG) especialmente bajo la supervisión de representantes del cliente. Los proponentes tenían que formar equipos de propuestas, en cada caso con un fabricante de hormigón y un fabricante de aditivos para cada sección de construcción y sólo se les permitía involucrarse como un equipo. Para las pruebas, las empresas recibieron listas de los equipos aprobados para cada sección, para seleccionar a su socio de suministros. Cronológicamente, el proceso de precalificación se realizó años antes de que la construcción realmente se iniciara. Esto agregó seguridad al diseño y fue altamente necesario porque se especificó una prueba de dos años de duración para obtener la resistencia a los sulfatos requerida para el hormigón. Este método de prueba, se substituyó por uno más rápido durante el actual período de construcción.

Además del cumplimiento riguroso de los límites de durabilidad, se definieron requerimientos de trabajabilidad potencial en el proceso de precalificación para asegurar que los grados de hormigón probados también cumplieran con los requerimientos de terreno de los contratistas. El hormigón no sólo tenía que producirse, sino también ser transportado, entregado y vaciado como fuera especificado en el proceso de precalificación.

Iniciada la construcción, pronto quedó claro que los contratistas habían establecido muy variados requerimientos para la colocación. Esto significó que los diseños de mezclas de hormigón aprobados en el proceso de precalificación, debían aprobarse nuevamente para la colocación en el túnel.

Esto tuvo como ventaja, que desarrollos actualizados de cohesores y aditivos para hormigón, no fueran excluidos, dado que en ese período se lograron importantes avances y aplicaciones con policarboxilato (PCE) basado en los superplastificantes y aglomerantes (CEM III) para la producción de hormigón durable y de alto desempeño.



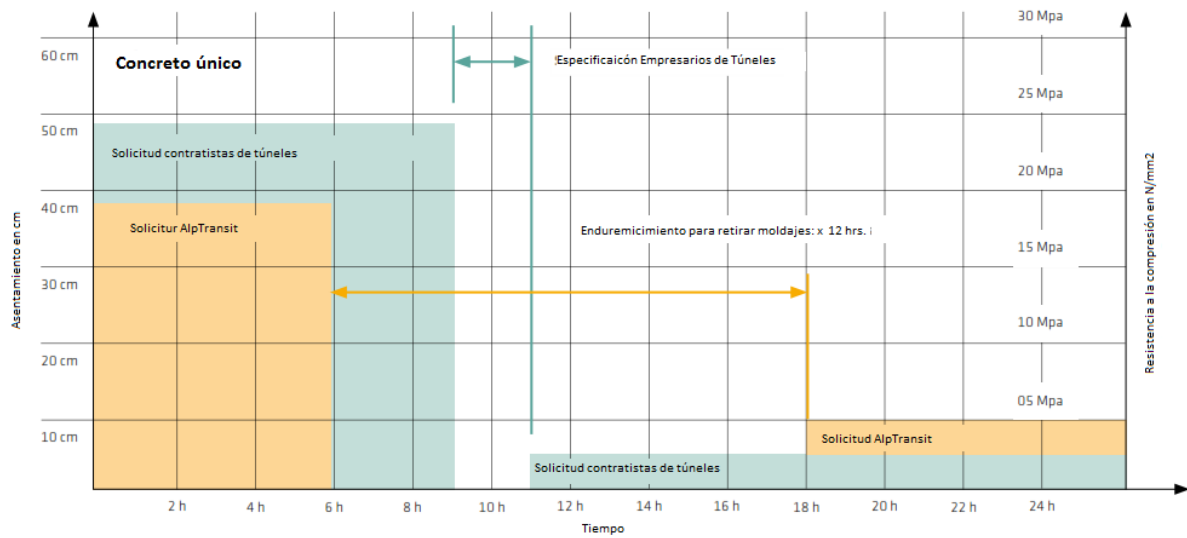




## REQUERIMIENTOS DE HORMIGÓN DE ALPTRANSIT

Estándares de operación y desarrollo de resistencia para el hormigón

(Especificación de AlpTransit y requerimientos de los contratistas del túnel)



# HECHOS DESTACADOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Jürg Schlumpf, Gerente Corporativo del Mercado de Hormigón



## CARACTERÍSTICAS DE LOS ADITIVOS PARA HORMIGÓN

Hoy en día la tecnología del hormigón, es impensable sin los aditivos para ajustar y controlar las características específicas del hormigón en estado fresco y su resistencia. Existen numerosos y distintos productos disponibles, con los cuales controlar primeramente el tiempo de operación, retardando o acelerando, homogeneidad, fluidez y grado de compactación del hormigón fresco. Mientras que en el hormigón endurecido el efecto principal es generalmente minimizar la porosidad reduciendo el agua libre y por lo tanto aumentando la resistencia y durabilidad. También se pueden usar otros aditivos para mejorar la durabilidad, lo que puede tener una influencia positiva en la contracción del hormigón o en la resistencia a la corrosión del refuerzo, por ejemplo.

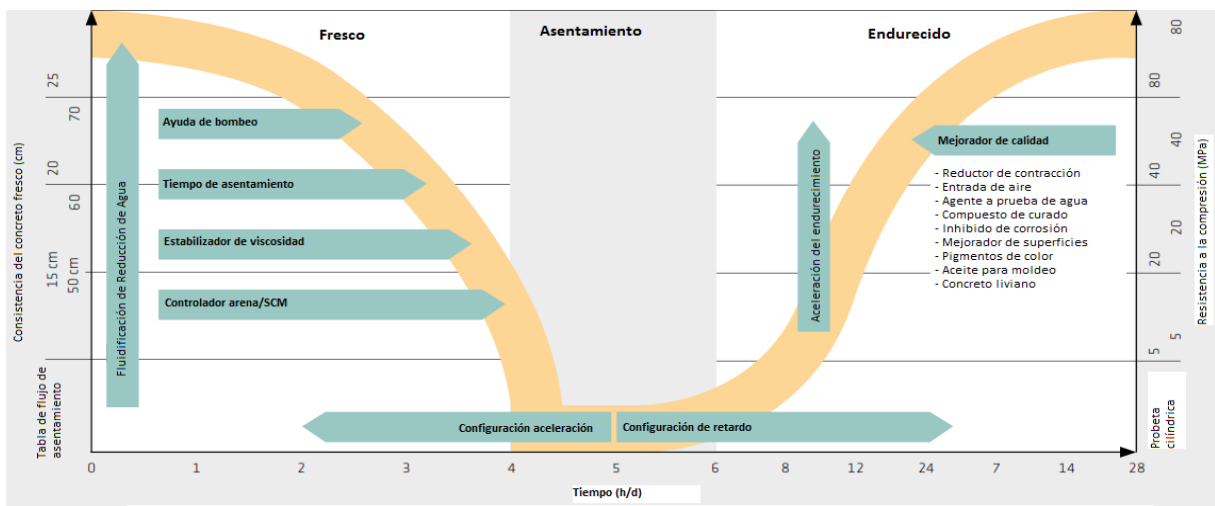
En el caso del hormigón durable para proyectos de infraestructura, muchos de estos distintos requerimientos de rendimiento se combinan. Específicamente, para el Túnel de Base San Gotardo, estos fueron:

- Durabilidad y trabajabilidad (transporte e instalación)
- Durabilidad y desarrollo de resistencia temprana (tiempos de desencofrado del moldaje)
- Trabajabilidad con áridos chancados (finos)
- Diferencias y uniformidad de temperatura (entre el portal y el punto de instalación)

### Trabajabilidad y alta durabilidad

Para lograr propiedades de trabajabilidad, y a la vez mantener el desempeño de los estrictos requerimientos de durabilidad, debían agregarse los aditivos para los distintos grados de hormigón. Además, de la considerable reducción de agua (Sika® ViscoCrete®), las principales demandas para los hormigones del proyecto de San Gotardo fueron la estabilidad y minimizar las fluctuaciones de las características del material, porque todo el hormigón debía producirse con áridos excavados desde el túnel. En particular, arenas de muy compleja selección. Para algunas secciones, se debieron formular nuevas soluciones una y otra vez durante los trabajos de construcción, para adaptarse a las condiciones y demandas del terreno. Al mismo tiempo, otros desde el inicio usaron combinaciones de distintos plastificantes, agregados en dosis variables. Este sistema también permitió una respuesta flexible a los requerimientos de temperaturas y al aumento de las distancias de transporte.

Mix de soluciones de mezclas de hormigón (vista de aditivos de hormigón usado para controlar las características de hormigón fresco y hormigón endurecido).



Un ejemplo de dichas combinaciones de plastificantes fue:

- Tipo 1: alta reducción de agua, buen desarrollo de resistencia temprana, menor tiempo de operación, mezcla con estabilizantes.
- Tipo 2: Baja reducción de agua, largo tiempo de operación, especialmente a altas temperaturas, mezcla con estabilizantes.

Todos los hormigones del proyecto, fueron elaborados usando este concepto, durante todo el proceso de construcción, por muchos años y en las distintas estaciones verano-invierno; con una distancia inicial de transporte de unos pocos metros, la que fue aumentando paulatinamente hasta alcanzar más de 30 kilómetros.

#### Operación con altas temperaturas

En una de las fases de construcción, el túnel llegó a medir más de 30 kilómetros. La mezcla de hormigón, debía ser diseñada para largas distancias de transporte, a través de trenes que la trasladaban hasta el punto de colocación, debido a las condiciones geográficas en los puntos de producción del hormigón, las condiciones de clima y temperatura variaban considerablemente. Las temperaturas más bajas ocurrían frecuentemente durante el día en el invierno, mientras que en algunas secciones de colocación, éstas subían a más de 30°C. Por ello, las condiciones de operación del hormigón debieron ajustarse tanto a las distancias a cubrir como a las temperaturas en cada extremo del proceso.

Además, para definir los requerimientos de transporte y tiempos de operación, el mandante también estableció especificaciones mínimas para las resistencias tempranas requeridas para lograr los desencofrados. Se desarrollaron aditivos basados en policarboxilatos modificado para controlar la consistencia (Sika ViscoFlow®, polímeros de retención de asentamiento). Estos productos, son ampliamente usados hoy en día, pero en aquellos años con nula referencia, así gran parte de estos desarrollos constituyeron, definitivamente, una innovación de Sika. Actualmente los denominados estabilizadores de asentamiento a menudo se aplican de manera separada y han experimentado un gran desarrollo en combinación con distintos cohesores.

#### Tiempo de desencofrado temprano y el concepto de aglomerante durable

Cuando el hormigón se transporta al punto de colocación y se bombea al encofrado, los tiempos son otro requerimiento que debe cumplirse. Esto no causa problemas con el hormigón proyectado, porque la reacción se activa con un acelerador en la tobera, independiente del tiempo del retardante. Las resistencias tempranas requeridas para uno, dos, cuatro y ocho horas ahora se pueden obtener casi de modo independiente de los tiempos de operación requeridos. Pero con hormigón estructural bombeado o vertido (principalmente para hormigón de segmento e

invertido), esta “activación del hormigón proyectado” inmediatamente antes de la colocación, es compleja y prácticamente imposible de lograr.

De esta forma, los tiempos de operación y desencofrado requeridos, incluyendo las resistencias tempranas, deben ser planificadas cuando se diseña el hormigón. En el Túnel de Base San Gotardo, era de +4 horas para el hormigón invertido y +12 horas para el encofrado de hormigón del segmento interior, después de la colocación del hormigón. La resistencia de compresión requerida era de >5 N/mm<sup>2</sup> en un cubo de prueba de 15/15/15 cm. Se requería un balance apropiado para la mezcla de hormigón y el plastificante para dar trabajabilidad, retardo y luego un rápido endurecimiento. Esto se ajustó usando tres aditivos distintos en proporciones diversas, que también se ajustaron a las condiciones ambientales.

Tabla: Resultados de la prueba HOCHTIEF, Bodio/Faido

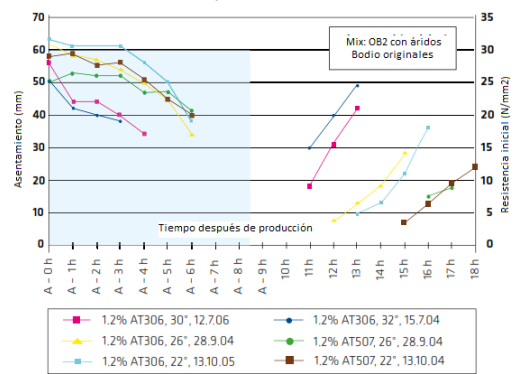


Gráfico: Los resultados de las pruebas de laboratorio con los materiales base originales, forman parte del estudio de factibilidad para transporte de larga distancia del hormigón, realizado el 2004 por el contratista HOCHTIEF Consult Materials.



## PRODUCTOS Y SERVICIOS SIKA EN TERRENO

En construcción de túneles de gran longitud, los trabajos principales de excavación, estabilización, impermeabilización y revestimientos, se acompañan por una serie de otros trabajos y exigencias, desde reparaciones menores al hormigón, complejos sistemas de suelo, fijación de rieles o protección contra incendios. La aplicación de hormigón convencional y proyectado, además de los sistemas de impermeabilización de los túneles, se definieron en complejas pruebas preliminares, antes de la adjudicación del contrato final (como en el caso del Túnel Base San Gotardo mediante el proceso de precalificación), pero las soluciones para los muchos otros aspectos y detalles que fueron surgiendo debieron ser brindados rápidamente en terreno por parte de los profesionales y técnicos que intervienen in situ. Sika es un socio ideal para este tipo de proyectos, debido al amplio rango de productos y aplicaciones que hemos desarrollado, pensando en responder prácticamente a cualquier requerimiento de construcción en terreno, en las condiciones más variadas y adversas. Los especialistas de Sika y nuestro equipo de Apoyo Técnico asesoran y ayudan a los clientes a cumplir los desafíos con la solución “correcta”. Esta cooperación, se fortaleció aún más en el Túnel Base San Gotardo debido a la presencia permanente en el proyecto de nuestro equipo de soporte en terreno. Cada vez que se presentaba un desafío, nuestra gente estaba en el lugar, ¡eso crea confianza!

En total, Sika entregó más de **40.000 toneladas** de productos, incluyendo los 3 millones de m<sup>2</sup> de sistemas de impermeabilización.



Estabilización del túnel con hormigón proyectado vía húmeda, aplicado desde la sección de la TBM.

Los productos y sistemas Sika más significativos fueron los que se detallan a continuación, a pesar de que hay muchas otras que fueron implementándose a diario en la obra.

Hormigón proyectado (HP), sistema de excavación Drill & Blast y TMB:

- Plastificante Sika® ViscoCrete® SC
- Retardante SikaTard®
- Acelerador Sigunit®
- Aditivo de hormigón SikaFume®
- Agente de bombeo SikaPump® Start-1
- Canales FlexoDrain W
- Sistema robotizado para hormigón proyectado Sika® PM-500 PC
- Bomba de hormigón Sika® PM-702
- Equipo de hormigón proyectado Aliva®-503
- Sistema robotizado para hormigón proyectado Aliva® L-1/L-2 TBM
- Bomba de hormigón Aliva® AL-278
- Unidad dosificadora Aliva® AL-403

Hormigón puesto en terreno (H):

- Plastificante Sika® ViscoCrete®
- Retardante SikaTard®
- Agente de bombeo SikaPump®
- Agente de bombeo Partida-1 SikaPump®
- Adición para hormigón SikaFume®
- Agente antiadherente de encofrado Sika® Separol® W
- Protección de superficie Sika® Mixer Protector



Segmentos prefabricados de Hormigón durable, que forman el revestimiento final de las dos galerías principales del túnel



Estabilización de la excavación temporal con mortero proyectado vía seca.

Estabilización inmediata y adhesión del anclaje en puntos críticos:

- Mortero proyectado seco Sika® Rock Shot-3
- Adhesivo de anclaje Sika AnchorFix®
- Aditivo de inyección Sika® Intraplast®
- Resina de inyección Sika® Fix T-10 RX
- Cemento de endurecimiento rápido SikaCem®-501
- Máquina para proyectar hormigón Aliva®-252



Para un suministro rápido y constante de las soluciones requeridas, Sika instaló una bodega en terreno con un stock de sus principales productos para brindar soporte permanente.

- Mortero de reparación Sika MonoTop®
- Mortero de reparación Sikadur®
- Mortero de endurecimiento rápido Sika® FastFix
- Aglomerante de endurecimiento rápido Sika®-4a
- Mortero de inyección SikaGrout®
- Revestimiento de suelos Sikafloor®-2530 W
- Sellante Sikaflex®-11 FC
- Relleno de espuma Sika Boom®



Sistemas de impermeabilización durable, aplicado después del hormigón proyectado y antes del revestimiento de hormigón del segmento interior

Impermeabilización de las estructuras del túnel:

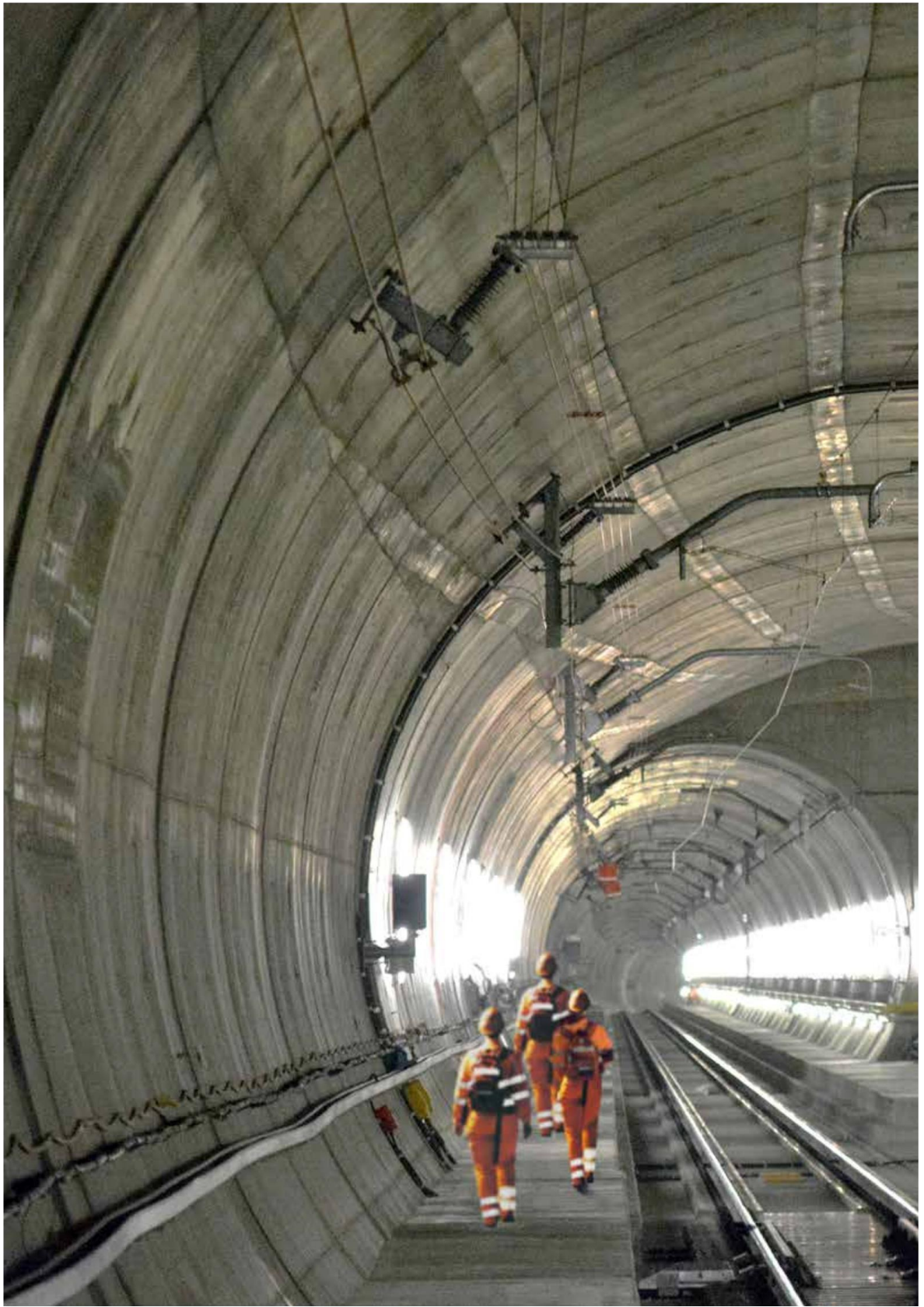
- Membrana impermeabilizante Sikaplan® Sheet
- Membranas impermeabilizantes Sarnafil® Sheet
- Sika® Waterstops
- Geotextil protector Sikaplan® W Felt
- Sistema de cinta de unión Sikaplan® WT
- Insertos de encofrados de perfil trapezoidal Sika®
- Impermeabilización de sistema de uniones Sikadur-Combiflex®
- Perfiles de sellado SikaSwell®



Especialistas de Sika en terreno durante la prueba de resistencia temprana del hormigón proyectado.

Asesoría técnica y servicio local:

- Supervisores en terreno
- Asesores técnicos
- Equipo de servicio de hormigón y mortero
- Ingenieros de mantención de equipos
- Gerentes de productos
- Servicio al cliente – Pedidos y entregas



PASO A PASO, CON SEGURIDAD, SIKA AVANZA AL SIGUIENTE SIGLO  
IMPERMEABILIZACIÓN / PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN / PROTECCIÓN DE HORMIGÓN /  
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS / EQUIPOS / HORMIGÓN PROYECTADO





## MÁQUINAS DE PROYECCIÓN ALIVA

### SISTEMAS DE HORMIGÓN PROYECTADO

En la primavera de 2002, pudimos entregar las primeras dos ALIVA-500 (sistemas robotizados para hormigón proyectado) a la operación en el cantón de Faido. Luego del entrenamiento, soporte, los ajustes de configuración del equipo y el constante respaldo de Sika, se determinó que este dispositivo móvil era el más idóneo para trabajar. Con el paso del tiempo, los operarios aprendieron a apreciar las ventajas del equipo Aliva-500, de nuestra producción y con nuestras propias bombas de pistón ALIVA-278 con una capacidad de hasta 20 m<sup>3</sup>/h.

En el otoño de 2002 también entregamos otras dos ALIVA-500 a Sedrun para el consorcio Transco. Con el continuo respaldo profesional de los equipos de servicio al cliente y técnico de Aliva, las máquinas también sobrellevaron los prejuicios iniciales. Estas máquinas fueron usadas intensamente debido a algunas condiciones adversas en el servicio y las operaciones de turno.

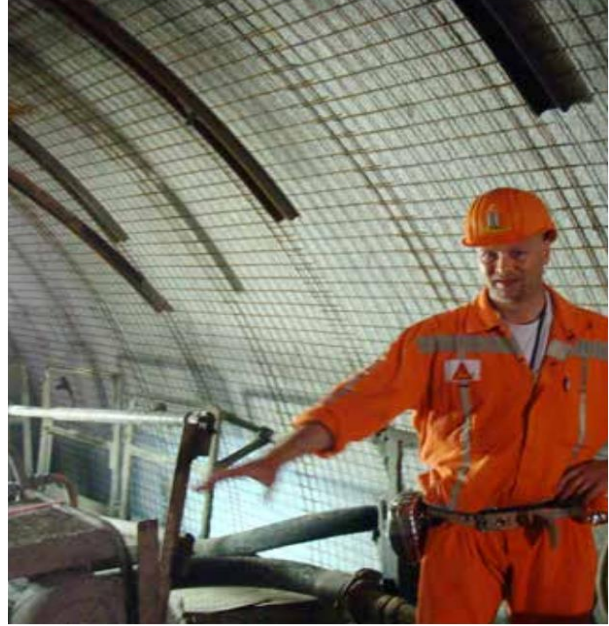
A mediados de 2003, se acordó la alianza estratégica entre Putzmeister y Sika, con lo que Aliva dejó de hacer sus propios equipos para proyectar hormigón. Entre 2003 y 2006 otros nueve equipos para proyectar hormigón se usaron en los túneles de Faido y Sedrun, sumando un total de 13 equipos en la operación..

#### **Equipo para hormigón proyectado, específico del proyecto el Herrenknecht TBM S-210 y S-211 del Consorcio TAT Bodio/Faido**

A finales de febrero de 2002, Sika firmó el contrato con Herrenknecht AG para suministrar sistemas de hormigón proyectado para dos máquinas tuneladoras, en el marco del acuerdo entre Bodio y Faido. La instalación comenzó en Schwanau en abril para la primera tuneladora, la que entró en operación en septiembre. El equipamiento para la segunda tuneladora comenzó cerca de tres meses después. La aceptación final se recibió sólo después de que se construyeran 500 metros de túnel.



## SIKABAU



La fabricación y equipamiento de las dos tuneladoras tomó alrededor de un año y permanecieron en operaciones en la sección de Faido por cerca de ocho años y medio, incluyendo interrupciones y reconstrucciones. Todo el equipo de hormigón proyectado instalado operó de modo confiable y pudimos completar este largo e importante contrato a satisfacción de Herrenknecht y el Consorcio TAT.

La operación de ambas tuneladoras demandó una serie de ítems:

- Controles de sistemas
- Unidad dosificadora de aceleración
- Sistema de aire comprimido
- Tubos para morteros
- Bombas para la proyección de hormigón con líneas transportadoras
- Rociador automático en L1 y L2
- ALIVA-503 equipo para hormigón proyectado
- Máquinas de rotor ALIVA-263 para hormigón proyectado
- Máquinas de rotor ALIVA-252 y AL-237 para estabilización inmediata con la técnica de proyección vía seca.
- Otro equipo auxiliar de proyección de hormigón

Del mismo modo, en Sedrun se usó una bomba de pistón para proyectar hormigón PM702D con dispositivo de dosificación AL-403.5 y una pequeña máquina de rotor AL-246 también usada en Faido. Una AL-504 (equipo robotizado con ruedas) se usó junto a una AL-263 para los cortes transversales en las secciones de Bodio y Faido. Para llenar las grandes cavidades en la caverna de ensamblaje de la tuneladora, se decidió utilizar de relleno gravilla de 8 – 16 mm. El material, se alimentó del proceso de construcción con una AL-285 y AL-262.

Sika y Aliva demostraron exitosamente todas sus competencias en el proyecto NRLA de San Gotardo, junto a la ingeniería, fabricamos, suministramos e instalamos los sistemas hechos a la medida para la tuneladora. Se usaron todas las máquinas de rotor y los sistemas de proyección disponibles en ese momento. Nuestro servicio de atención al cliente, tuvo un rol importante en el éxito de esta obra, gracias al impresionante despliegue, para brindar las reparaciones y modificaciones necesarias en Sedrun, Faido y Bodio.

Estamos orgullosos de ser parte de este magnífico proyecto. Los productos Sika y las máquinas y servicios Aliva tuvieron un rol fundamental en este éxito.

## ESPECIAL PARA ESTE PROYECTO

**El mayor contrato jamás comprometido por SikaBau AG fue el Túnel Base San Gotardo en el lado sur, en las secciones de Bodio y Faido, con una longitud total de 31.5 kilómetros y de 27 kilómetros, respectivamente.**

Debido al ajustado programa de construcción, las secuencias de instalación del revestimiento impermeabilizante, debió ser por día. Eso significaba un muy alto desempeño de los dos sistemas de instalación semiautomáticos para cada estación de trabajo destinada a impermeabilización y una exigente operación logística. Debido a que sólo una cantidad limitada de material podía ser almacenada en terreno, por riesgo de incendio y falta de espacio, los materiales de impermeabilización debían ser pedidos y entregados just in time.



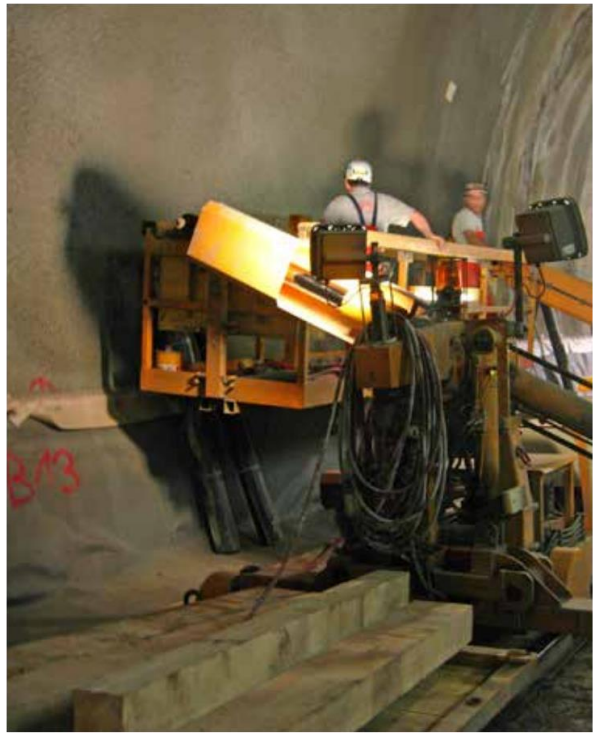
Los perfiles de los túneles de una pista, los perfiles especiales, los cortes transversales de la obra, áreas multifuncionales y bifurcaciones del túnel, fueron todos especificados como obras revestidas, lo que exigió trabajarlos simultáneamente con las faenas principales de impermeabilización. El equipo trabajaba regularmente 7 días seguidos en 2 turnos, con un aumento del equipo a 32 personas de manera temporal. Las interrupciones del revestimiento y la detención de las operaciones dentro de las estaciones de trabajo (que estaban sujetas a una cláusula de altas multas) eran evitadas con horarios de trabajo muy flexibles para ambos sistemas gemelos de instalación. El personal de administración permanecía disponible en terreno. El gerente de construcción y Técnico estaban en terreno varias veces a la semana durante la operación del revestimiento.

### **Sedrun, el tramo más corto pero no el más fácil**

El túnel de acceso, era de 909 metros y tenía un sistema de Shaft con una profundidad de alrededor de 850 metros. El EST's de los túneles -este y oeste- totaliza cerca de 17,3 kilómetros de longitud. La base del Shaft, dividía Sedrun en una sección norte y sur, siendo la parte norte tan sólo de 6 kilómetros. Los materiales y la mano de obra sólo podían ser llevados a las áreas de trabajo, a través del sistema de Shaft existentes. En las áreas de revestimiento de los arcos norte y sur, era posible realizar los trabajos de impermeabilización con dos unidades de instalación. El equipo de SikaBau AG aplicó la impermeabilización durante 5 días por semana, con un rendimiento promedio semanal de al menos dos bloques o 20 metros de túnel por día (aproximadamente 450 m<sup>2</sup>). El tamaño máximo del equipo llegó a 15 personas trabajando en una operación de 2 turnos. El apoyo de la gerencia local fue implementado con chequeos regulares realizados por el gerente de construcción y un equipo de supervisores en terreno.

Unos 25.000 m<sup>2</sup> de membrana de impermeabilización y material de drenaje por kilómetro de túnel se instalaron en las dos secciones principales, Bodio/Faido y Sedrun involucraron alrededor de 2.5 millón m<sup>2</sup> de materiales de impermeabilización durante todo el periodo de construcción, además hubo que desarrollar y luego aprobar sistemas especiales de impermeabilización para los requerimientos del San Gotardo.

En total, SikaBau AG desplegó más de 12 años de trabajo en estas dos secciones del Túnel Base San Gotardo.



## EL NRLA DESDE MI PERSPECTIVA

Christian Anderrüthi, Sales Manager Tunneling



### PARA MI EL NRLA COMENZÓ UNOS 16½ AÑOS ATRÁS

Poco antes de la Navidad, el 19 de diciembre de 1999, junto a Coni Sommerauer, realizamos las pruebas de hormigón proyectado con el consorcio Pizzarotti S.A. / Muttoni S.A. en Faido Plomengo, con temperaturas de -11°C, fue una experiencia especial. El trabajo con los italianos en el túnel de acceso fue muy instructivo e interesante. Al comienzo, los ejecutivos y los gerentes de construcción parecían abrumados por las especificaciones de calidad y la exigente supervisión en terreno.

Después de seis meses y un kilómetro de construcción de túnel, todo empezó a ir acorde a lo planificado. El hecho que el consorcio contratista principal fuese multinacional no necesariamente hacía las cosas más fáciles para nosotros. Finalmente, ganaron la tenacidad y obviamente el know-how y pudimos trabajar y suministrar las soluciones que requería la obra desde el inicio y hasta su término. Incluso Pizzarotti S.A. fortaleció sus operaciones en Suiza como un consorcio aliado en el contrato para Sedrun, abriendo una filial en Bellinzona.

### Túnel Base

El sistema de hormigón hizo necesario que el consorcio Holcim-Sika ofertara conjuntamente para empezar a

entregar recomendaciones específicas y apoyar los servicios que acompañan a sus productos. Por cada uno de los sitios de Sedrun, Faido y Bodio, se dispuso un profesional de Apoyo Técnico en terreno de forma permanente.

Sus funciones eran muy extensas e incluían:

- Supervisar trabajos de hormigón proyectado en el túnel (medición de resistencia temprana / verificar todas las pruebas durante la aplicación de hormigón proyectado de acuerdo al plan de inspección y pruebas)
- Reportar al consorcio Holcim-Sika
- Contribuir al desarrollo / implementación de un plan de garantía de calidad
- Inspeccionar el hormigón fresco durante las pruebas de calificación de hormigón
- Contribuir a modificaciones técnicas y económicas
- Mejoramiento de mezclas de hormigón (OB/SB) con Holcim-Sika
- Respaldo de emergencia en caso de problemas:
  - Logística de mezcla de cemento, aditivos y hormigón
  - Equipo de aplicación
  - Soporte de sistemas de hormigón

Como resultado de la relación cercana y estrecha con el supervisor de obra y un frecuente contacto y apoyo en las reuniones de hormigón convencional y proyectado, en mi rol de Asesor Técnico e Ingeniero de Ventas de Sika Schweiz AG, fui acogido prácticamente como un colaborador más del consorcio. Podía moverme con libertad en la obra y tenía mi propia placa electrónica de acceso. También podía acompañar a los grupos visitantes y otras compañías Sika y guiarlas en cualquiera de los tres terrenos de construcción en Faido, Bodio y Sedrun.

Los contactos fueron igual de cercanos durante la construcción de la estructura, junto a Holcim (Schweiz) AG, Ingeniería y Producción. Desde mi perspectiva, puedo decir que esta cooperación enfocada y cuidadosa en los detalles permitió una estrecha relación con el cliente y el proyecto, basada en soluciones precisas, de alta calidad, amigables y en el marco de un permanente espíritu de colaboración.

Estoy muy feliz de ser parte del NRLA.

Christian Anderrüthi

## RECORDS SIKA EN SAN GOTARDO

**3,3 MILLONES DE m<sup>2</sup>**  
de membrana impermeabilizante Sikaplan (R)  
equivalente a alrededor de 300 canchas de fútbol



**40 000 TONELADAS DE  
MATERIALES ENTREGADOS**  
equivalente a 1700  
vagones de trenes



**20 000 TONELADAS**  
de aditivos  
equivalentes a  
222.222 quesos  
Emmental



**12 662 500 MINUTOS**  
de trabajo de los  
empleados de Sika



## ENTREVISTAS EN TERRENO

Las visiones de Daniel Spörri y Urs Streuli



Daniel Spörri, Gerente de División Implenia Tunneling de Schweiz.

***A la luz del cumplimiento en los sistemas de hormigón e impermeabilización especificados por el cliente, hubo una estrecha cooperación entre el consorcio (en terreno) y Sika. Para los dos contratos en Ticino, en Bodio y Faido, y la sección Sedrun, Sika puede considerarse proveedor oficial de todo el sistema junto a Holcim. En el sur, Daniel Kalbermatter era el supervisor de obra responsable, permanentemente en terreno. Peter Gander estaba a cargo en Sedrun.***

**DANIEL SPÖRRI** – entonces Gerente de Obra en el Consorcio TAT para Faido y Bodio y actual Gerente divisional de Implenia Tunneling Switzerland.

**URS STREULI** – antes Gerente Técnico de Transco Sedrun. Actual Gerente de División de Construcción Subterránea en SikaBau AG.

**¿Qué impacto tuvo esta estrecha cooperación en la calidad y resultados de la construcción?**

*Urs Streuli*

Las excelentes relaciones de cooperación técnica entre nosotros permitieron manejar y resolver rápidamente diferentes problemas y requerimientos. El deseo de un resultado de excelencia y de alta calidad estuvo siempre presente y fue un objetivo plenamente logrado.

*Daniel Spörri*



Urs Streuli, Gerente de la División de Construcción Subterránea de SikaBau AG.

Con el apoyo profesional de los dos proveedores del sistema, Holcim-Sika, todas las especificaciones para el hormigón fresco y endurecido se cumplieron, a pesar de las condiciones externas extremadamente difíciles. En general, fuimos capaces de alcanzar una calidad de hormigón muy alta. No hay nada que se interponga en el camino de cumplir con el desafío de los cien años de vida útil del túnel.

**¿Qué impacto tuvo esta cooperación cercana con la tecnología de hormigón en general?**

*Urs Streuli*

La rigurosidad en las especificaciones del hormigón, fue desarrollada gracias a las mejoras técnicas y los más modernos productos. Los requerimientos técnicos y de calidad fueron alcanzados con creces por los sistemas de hormigón y mezclas utilizados.

*Daniel Spörri*

Las especificaciones de hormigón del cliente, representaron desafíos muy grandes para todos los involucrados en los trabajos de hormigón (productores, proveedores y nosotros como el contratista principal). Las mezclas originalmente aprobadas no cumplían nuestras necesidades, particularmente en términos de trabajabilidad, pero la estrecha cooperación Holcim-Sika permitió el desarrollo de soluciones apropiadas. La experiencia técnica del equipo de trabajo, el contratista y los proveedores, junto con la alta calidad de las soluciones de hormigón generaron respuestas concretas y avances técnicos que hubieran sido impensables cinco años antes.

**¿Cómo define la relación con Sika durante la fase de construcción del almacén del NRLA en general?**

*Urs Streuli*

Muy buena y altamente recomendable. La razón básica de este éxito fue ciertamente que todos aquellos que estaban involucrados tenían el mismo nivel de entendimiento técnico y no teníamos que trabajar con diferentes lenguajes o ideas.

*Daniel Spörri*

Siempre tuvimos una muy buena relación con Sika en general y con nuestros contactos directos. Fue una colaboración exitosa y profesional en todos los niveles requeridos.

**¿Puedes recomendar el sistema de hormigón con el modelo de supervisión de obra?**

*Urs Streuli*

Debido a la rápida transferencia de información y visitas regulares por parte de los consultores técnicos en hormigón, pudimos garantizar un monitoreo y supervisión de calidad de la obra durante todo el desarrollo del proyecto.

*Daniel Spörri*

Como decía, el sistema de hormigón fue inicialmente un problema complejo a resolver porque la trabajabilidad bajo las condiciones reales, no fue un criterio en el proceso de aprobación del proyecto. Además, los áridos suministrados por el cliente fueron obtenidos de material reciclado, excavados desde el túnel y de canteras de los alrededores, por lo que enfrentamos importantes variaciones e incluso casos de reactividad química con las mezclas. Ello afectó directamente las características del hormigón fresco y por ende su factibilidad.

Ello conllevó muchas reuniones y discusiones en la fase inicial. Afortunadamente las características del hormigón se mejoraron considerablemente, debido a un trabajo de continua optimización, por lo que cada vez se demandaba hormigón de más alta tecnología, lo que no era sensible a las

variaciones en los áridos. Con estas mejoras a las características del hormigón fresco, se lograron tiempos de operación de 6 – 9 horas por hormigón colocado en terreno y hasta 15 horas por hormigón proyectado, sin afectar las resistencias. Con mezclas estables y de alta calidad, pudimos también transportar todo el hormigón desde Bodio a la obra en Sedrun y también utilizarlo ahí, por lo que no fue necesario construir una planta subterránea en Faido. Se trata de un sistema de hormigón recomendable solo si se cuenta con un buen servicio de soporte técnico en terreno.

**¿Hay alguna otra cosa que quieras mencionar en particular?**

*Urs Streuli*

Puedo mirar hacia atrás este trabajo y los sistemas de hormigón que desarrollamos con orgullo y satisfacción. Juntos resolvimos todas las pruebas y dificultades, para asegurar la colocación de un hormigón más confiable. La relación que se generó con los colegas se convirtió en amistad que hasta el día de hoy continúa, compartiendo anécdotas generalmente junto a una copa de buen vino.

*Daniel Spörri*

Trabajamos con los mismos contactos de Holcim-Sika todo el tiempo. Claramente eso ayudó a generar confianza.

**Últimas palabras**

*Urs Streuli*

Muchas gracias por todas las buenas ideas y el valor inagotable que se necesitó para el éxito de este proyecto.

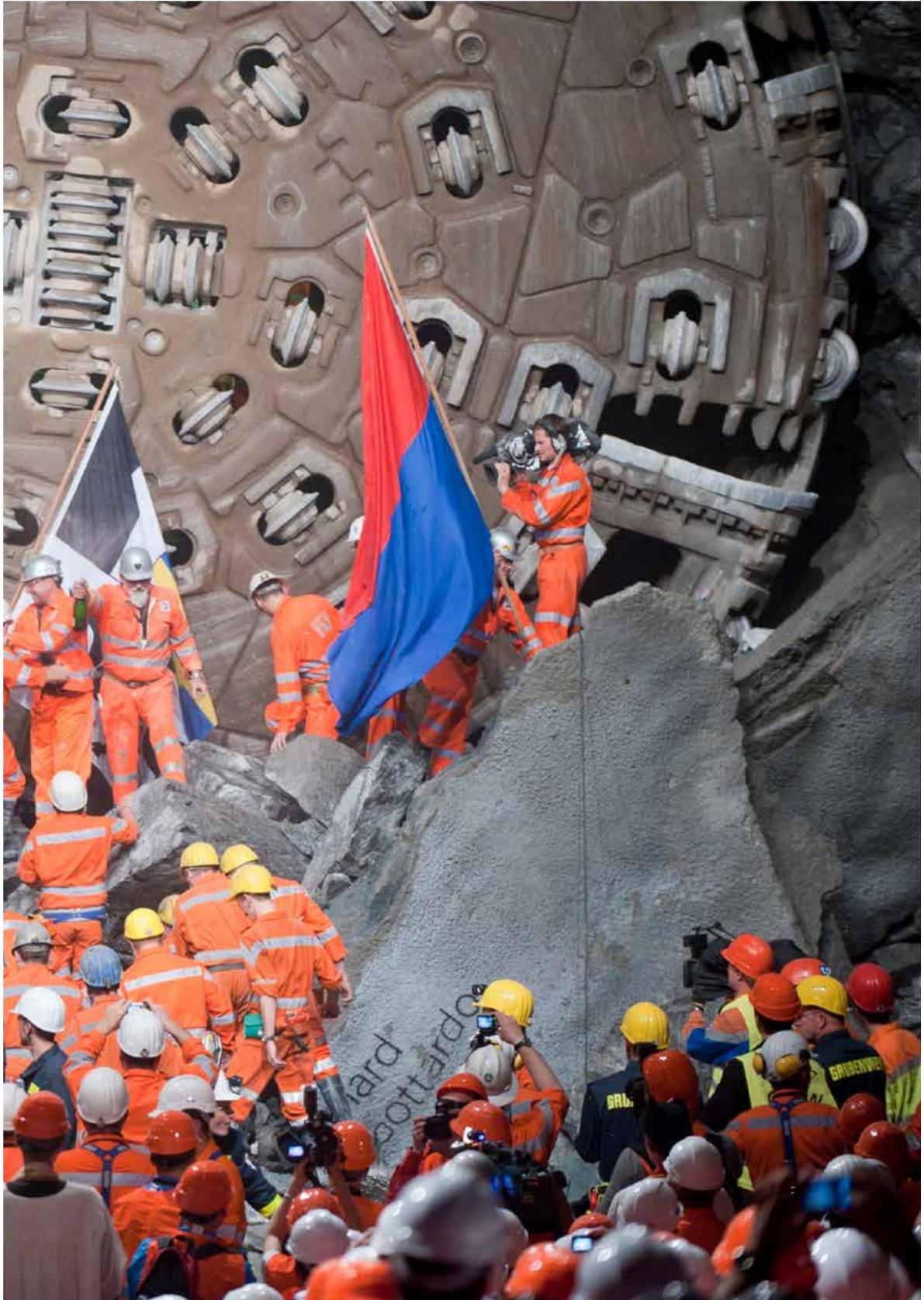
*Daniel Spörri*

La experiencia demostró que podemos contar con los socios y proveedores correctos. También tengo excelentes recuerdos de las fiestas de paella y las tardes de asado con nuestros colegas de la oficina y en terreno, quienes lucharon con el hormigón día tras día.

¡Muchas gracias!







## DECLARACIONES

### Impresiones y experiencias de los colaboradores de Sika

#### CONRADIN HÜRLIMANN, JEFE DEL DEPARTAMENTO TÉCNICO

– **¿Cuál fue la experiencia más importante?** Una de mis responsabilidades, era mejorar la mezcla de hormigón para el segmento interior en Sedrun, de modo que la resistencia pudiera ser alcanzada más rápidamente sin reducir el tiempo de trabajo. Pronto nos dimos cuenta que para este problema era imposible simular las condiciones del terreno de manera razonable. Luego de una pequeña evaluación en laboratorio, nos enfocamos en pruebas in situ..

– **¿Cuál fue el desafío más difícil?** Las pruebas de hormigón en terreno tenían que realizarse en la planta de hormigón en la base del Shaft mientras continuaban las operaciones de construcción. Cada prueba tomaba al menos en cuatro horas, muchas fueron difíciles de programar y en muchas ocasiones tuvimos que improvisar. El mayor desafío era pensar en todo, y preparar suficientemente bien las pruebas para obtener resultados correctos que pudieran ser contrastados.

– **¿Cuál fue la experiencia más memorable?** Naturalmente el terreno de Sedrun era muy emocionante. Yo estaba particularmente fascinado por la logística, pero mi mejor recuerdo es de las salchichas que cocinábamos en una bandeja de horno para comer mientras esperábamos entre una y otra prueba de hormigón.

#### THOMAS HIRSCHI, GERENTE REGIONAL DE LA CENTRAL SUIZA

– **¿Cuál fue la experiencia más importante?** Trabajar en equipo con muchos colaboradores internos y externos y siempre aunar esfuerzos. Estaba claro que para un proyecto de este tamaño, la investigación previa era necesaria y al final valió la pena.

– **¿Cuál fue el desafío más difícil?** Cumplir los requerimientos que en un comienzo nos parecían imposibles. Abrir nuevos caminos en el ámbito de la tecnología de hormigón.

– **¿Cuál fue la experiencia más memorable?** Hay muchas, como conducir hasta Ticino en tiempos posibles y también imposibles para llevar a cabo nuestras pruebas de hormigón una y otra vez, muchas veces sin resultados. La celebración de cada avance, fue una de las partes más memorables en cualquier proyecto de túnel y San Gotardo no fue la excepción. También recuerdo muchas visitas con personal de Sika de todo el mundo. Siempre era un placer conocer y asombrar a esas personas.

#### MICHAEL VORWERK, INGENIERO DE PRODUCTOS (EX-IMPLENIA)

– **¿Cuál fue la experiencia más importante?** Conocí personas en la sección de Sedrun que estuvieron dispuestas a dejar de lado su ego o beneficio personal por este proyecto. Encontré una gran motivación y una actividad permanente de todo el equipo para lograr las metas trazadas. Esta es una gran experiencia que me llevo conmigo.

– **¿Cuál fue el desafío más difícil?** Personas de diferentes naciones y culturas se juntaron y trabajaron codo a codo para crear una estructura monumental que asombrará a muchas generaciones futuras.

– **¿Cuál fue la experiencia más memorable?** En todas las celebraciones del día de Santa Bárbara, veía orgulloso las caras de amigos y colegas que ayudaban a construir este túnel día a día. Con ellos superamos todos los contratiempos y ahora podemos celebrar nuestro éxito en la montaña.

#### JÜRIG SCHLUMPF, GERENTE COPORATIVO DEL MERCADO DE HORMIGÓN

– **¿Cuál fue el desafío más difícil?** El momento de la precalificación, en 1996, el cliente requería un tiempo de operación del hormigón a  $> 25^{\circ}\text{C}$  durante seis horas sin que cayera la resistencia temprana. Durante la fase de construcción, este requerimiento fue aumentando a un tiempo de ocho horas. Una exigencia totalmente única para la época. A través de una cooperación extremadamente cercana entre el contratista responsable y las áreas de Tecnologías del Hormigón e Investigación y Desarrollo de Sika, se alcanzaron estos estándares sin errores durante la fase de construcción. Finalmente, estos requerimientos del proyecto también se transformaron en el punto de partida para la línea de soluciones Sika ViscoFlow, que ahora es tan exitoso en todo el mundo.

– **¿Cuál fue la experiencia más memorable?** Después de que me uní a Sika como Ingeniero de Productos en Aditivos para Hormigón en 1993, pasó solo un año antes de mi primer contrato con el proyecto San Gotardo. Estaba familiarizado con hormigones de resistencia temprana en el túnel exploratorio de Piora. Desarrollamos una solución apropiada para el cliente – Sikament® HE-200 – y nos adjudicamos el contrato. Pasé días y noches en terreno. Después, durante la precalificación del proceso, desde 1995 en adelante, pasé semanas enteras en el túnel de pruebas Hagerbach para verificar nuestros principales sistemas de hormigón. A fines de 2001, los trabajos “reales” de hormigón comenzaron en el túnel, allí, miembros de mi equipo convirtieron el arduo trabajo

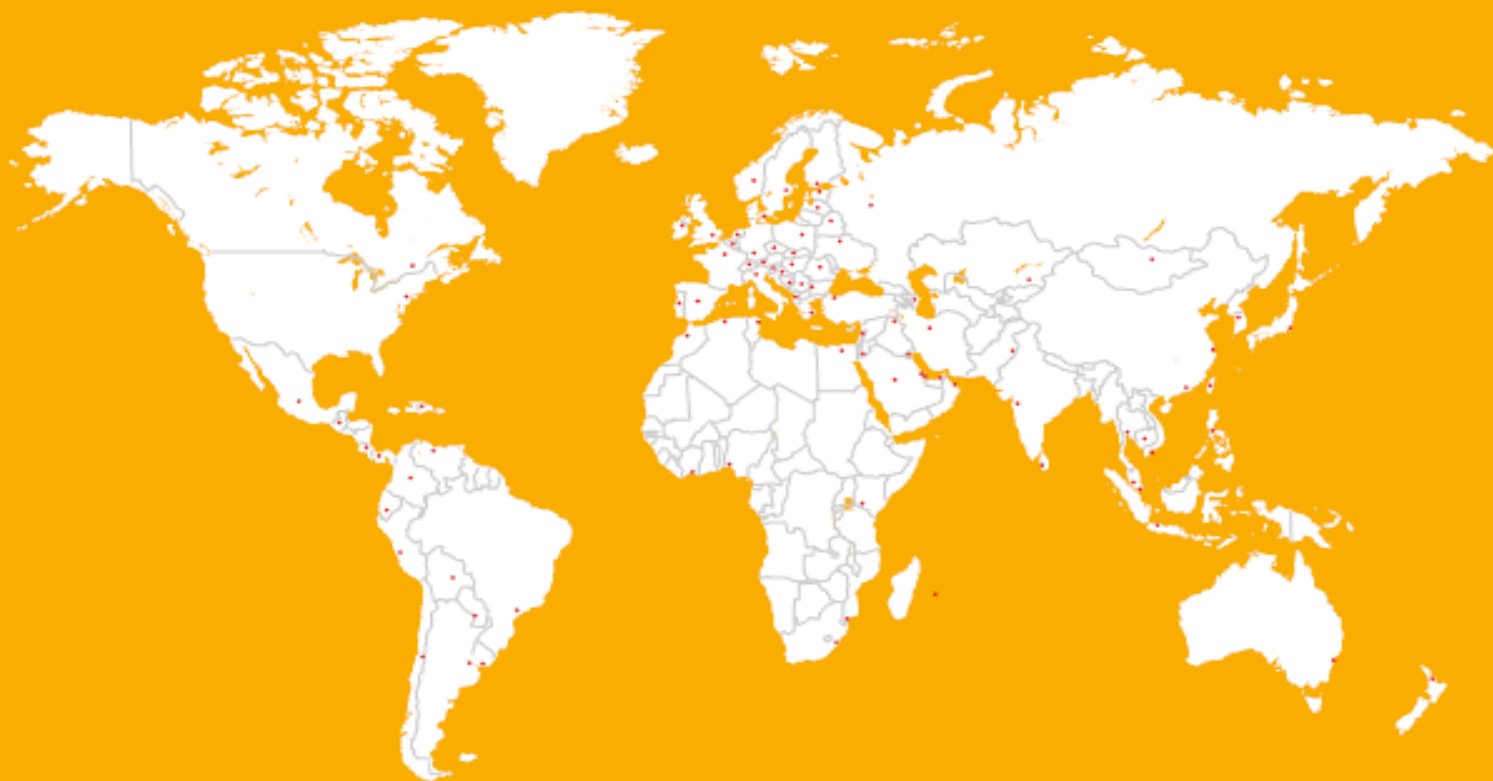
preliminar en una realidad. Para mí, los años que siguieron estuvieron repletos de reuniones respecto al potencial y límites de los sistemas en San Gotardo. Todo terminó para mí el 15 de octubre de 2010 con el avance entre Sedrun y Faido. Por 15 años el Túnel Base San Gotardo definió mi vida laboral. ¡Casi todo es posible!

#### CHRISTIAN ANDERRÜTHI, SALES MANAGER TUNNELLING

– **¿Cuál fue la experiencia más memorable?** Fue en el año 2000, sólo 4 ó 5 meses después del inicio del túnel de acceso en Faido. Después de la ronda de explosiones (se usaron explosivos en alrededor de tres metros) caminé junto al gerente de terreno con más experiencia de Amber, Franz Walker, hacia el sector de las operaciones y subimos sobre material excavado recientemente colapsado. Franz había visto una fisura y asumió que ahí había minerales. Era peligroso subir sobre las rocas porque algunas tenían bordes muy afilados. Parados frente al socavón abierto y desprotegido y mientras Franz estaba trabajando en la fisura con un martillo, se escuchó un fuerte estallido. A un metro de distancia había un gran trozo de roca de unos 2 – 3 m<sup>2</sup> de tamaño y 25 – 30 cm de grosor que cayó desde el techo hacia el montón de escombros. Tenía tanto miedo que mis rodillas temblaban y no fui capaz de bajar de los escombros sin la ayuda de Franz. Después de esa experiencia era raro verme en el área desprotegida de la perforación del túnel y si estaba ahí era contra mi voluntad. Viví, en carne propia, lo peligroso que es el trabajo diario de los mineros y porque regularmente ellos le dan las gracias a su patrona, Santa Bárbara. Cuando voy bajo tierra siento un gran respeto por la montaña y celebro el Festival de Santa Bárbara con los mineros el 4 de diciembre. Hoy sigo haciendo el signo de la cruz a la estatua bendecida, que se encuentra en el portal de todas las galerías o túneles.



# SOCIOS GLOBALES Y LOCALES



## SOMOS SIKA

Sika es una empresa especializada en productos químicos, líder en el desarrollo y producción de sistemas y productos para el pegado, sellado, aislación, reforzamiento y protección en el sector de la construcción e industria automotriz. La línea de productos de Sika para aditivos de hormigón, mortero, sellantes y adhesivos, sistemas de reforzamiento industrial, revestimiento para suelos y techos industriales y sistemas de impermeabilización.

Vor Verwendung und Verarbeitung ist stets das aktuelle Produktdatenblatt der verwendeten Produkte zu konsultieren. Es gelten unsere jeweils aktuellen Allgemeinen Geschäftsbedingungen.



**SIKA SCHWEIZ AG**  
Töffenwies 16  
CH-8048 Zürich  
Schweiz

**Kontakt**  
Telefon +41 58 436 40 40  
Fax +41 58 436 46 55  
[www.sika.ch](http://www.sika.ch)

**BUILDING TRUST**

