



Túnel de base de  
San Gotardo, Suiza

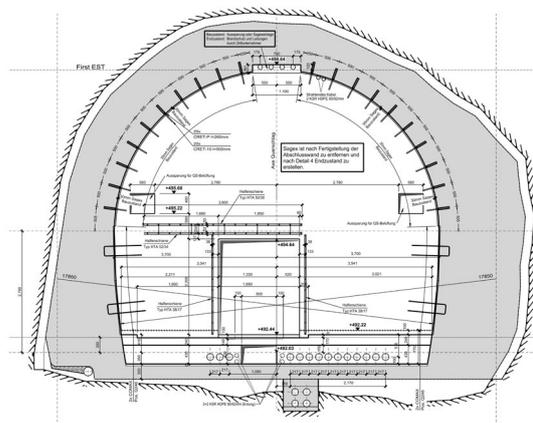
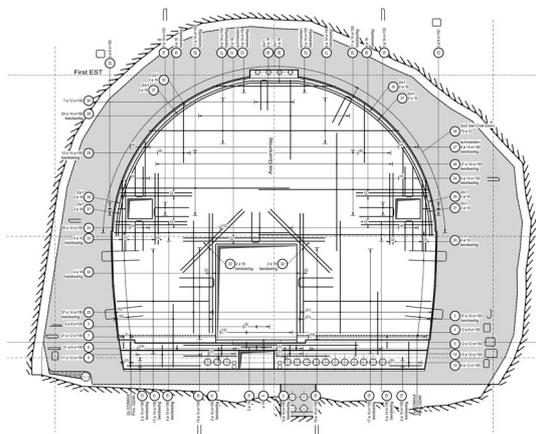
### Allplan en la práctica

## UN TÚNEL ROMPEDOR

«En Amsteg, donde dos entradas se encuentran con dos túneles de metro, el modelo 3D creado con Allplan Engineering nos fue muy útil.» Raphael Wick, Gähler und Partner AG

La inauguración programada el día 11 de diciembre de 2016 marcó el final del proyecto del siglo, el túnel de base de San Gotardo, tras casi 20 años de construcción. Su longitud de 57 kilómetros, que atraviesa el Macizo de San Gotardo entre Erstfeld y Bodio, convierte este túnel ferroviario en el más largo del mundo. El consorcio de ingeniería Gotthard-Basistunnel Nord, dirigido por Gähler und Partner AG, con sede en Ennetbaden, fue el responsable de planificar la gestión del trabajo y de la instalación local de las secciones del norte de Erstfeld y Amsteg. Otros socios del consorcio de ingeniería eran Gruner AG, Rothpletz, Lienhard + Cie AG, y CES Bauingenieur AG.

Allplan Engineering, el software CAD BIM, les resultó de gran ayuda a Gähler und Partner AG en el desarrollo del plan de ejecución (en ocasiones muy complejo) y garantizó un intercambio de datos fluido entre el consorcio de ingeniería. Raphael Wick es el director general de Gähler und Partner AG y fue también el gestor del proyecto general del consorcio de ingeniería GBT Nord. El señor Wick recuerda el desarrollo, planificación y periodo de ejecución, que comenzó en 1989 con estudios y encargos de auditoría y en 1994 haciendo pedidos para la planificación de ambas secciones del norte, con satisfacción, pero también con cierto alivio.



Izquierda:  
Sección cruzada del túnel  
de vía única en Amsteg  
oriental, refuerzo  
(software BIM de Allplan)

Derecha:  
Sección cruzada del túnel  
de vía única en Amsteg  
oriental, encofrado  
(software BIM de Allplan)

## EL TÚNEL FERROVIARIO MÁS LARGO DEL MUNDO

Para permitir el funcionamiento del sistema con dos túneles de vía única de 57 kilómetros cada uno, tuvieron que excavar más de 150 kilómetros de túneles, entradas, pasillos transversales y pozos durante la construcción del túnel de base de San Gotardo. Se detonaron o retiraron 28 millones de toneladas de roca con cuatro tuneladoras. Dos estaciones multifunción en Faido y Sedrun subdividen los dos tubos de túneles en tres secciones de aproximadamente la misma longitud. Las estaciones de parada de emergencia y dos cruces de vías por túnel de metro están situados aquí. Estos permiten a los trenes pasar de un túnel de vía única a otro para poder efectuar los trabajos de mantenimiento en los metros sin tráfico ferroviario, por ejemplo. El sistema de suministro y extracción de aire, así como numerosas instalaciones técnicas también están situadas aquí. El túnel de base está conectado a la línea principal de la SBB mediante las líneas de conexión abiertas al norte y al sur de las dos entradas de Erstfeld y Bodio. Para la planificación y construcción, el cliente, Alp Transit Gotthard AG, dividió el túnel de base de San Gotardo en las siguientes secciones: San Gotardo Norte (plena vía 4,4 km), Erstfeld (7,8 km), Amsteg (11,3 km), Sedrun (8,5 km), Faido (13,5 km), Bodio (15,9 km) y San Gotardo Sur (plena vía 7,8 km). Para ahorrar tiempo y dinero, el trabajo de construcción en las diferentes secciones era coordinado y, a veces, se realizaba de manera simultánea. Llegaron a participar hasta 2600 personas en el proyecto de construcción del siglo durante la fase de construcción principal. El consorcio de

ingeniería GBT Nord colaboró con especialistas de más de una docena de sectores durante los últimos 25 años mientras trabajaba en las secciones de Erstfeld y Amsteg. Unos 500 años-hombre de trabajo es lo que el consorcio de ingeniería invirtió durante este tiempo. «Para muchos empleados, el túnel de base de San Gotardo ha sido el trabajo de sus vidas», afirma Raphael Wick, gestor del proyecto general del consorcio de ingeniería GBT Nord y representante de Gähler und Partner.

## LA SECCIÓN DE ERSTFELD

La sección de Erstfeld es de 7,8 kilómetros. Los 600 primeros metros del túnel de base de San Gotardo empezaron siendo un falso túnel en un foso excavado a cielo abierto. Este se une, a continuación, con los túneles de metro de unos 7,1 kilómetros de largo cada uno, que se excavaron usando técnicas mineras. Su sección cruzada, con un diámetro de excavación de 9,58 metros, se excavó con las dos mismas tuneladoras que ya habían abierto la sección de Amsteg. Gracias a las condiciones meteorológicas favorables, muchos trabajadores se referían a la sección de Erstfeld como el «tramo rápido». De hecho, la excavación de los dos túneles se terminó unos seis meses antes de lo planeado, con un avance medio de 18,27 metros por día de trabajo en el túnel oriental y 16,27 metros en el túnel occidental. En julio de 2009, los mineros del metro occidental establecieron un récord mundial con una velocidad de avance de 56 metros en 24 horas. El inesperado flujo de agua durante la excavación de esta sección preocupó a Raphael Wick y a su equipo. El volumen de agua alcanzó un máximo de 450 litros/segundo durante la época de deshielo.



Entradas laterales del túnel de base de San Gotardo cerca de Erstfeld

## LA SECCIÓN DE AMSTEG

Los dos túneles de metro del túnel de base de San Gotardo, que están interconectados cada 325 metros, son la pieza central de la sección de Amsteg, que tiene aproximadamente 11 kilómetros. Antes de poder empezar a excavar el túnel hacia Sedrun, fue necesario construir un acceso de 1,8 kilómetros. A continuación, se excavó un «punto base» con cavidades tecnológicas ferroviarias, entradas de construcción e intersecciones. Una tuneladora con un diámetro de 3,7 metros excavó una entrada de cable de 1,8 kilómetros para conectar al centro subterráneo de la central eléctrica de Amsteg para el consiguiente suministro motoriz. Durante las detonaciones, se excavaron los primeros 400 metros de cada túnel de metro y las cavidades de ensamblaje para montar las tuneladoras. Ambas tuneladoras comenzaron funcionando a plena capacidad hacia Sedrun en intervalos de tres meses. Tras cruzar una zona de falla sin problemas, en el túnel occidental, fue necesario detener la excavación por sorpresa cuando una entrada de agua desplazó el material suelto hasta la cabeza de perforación y causó una obstrucción. Para liberar la tuneladora, se condujo hacia atrás hasta sacarla por el túnel oriental y toda la zona del desprendimiento se reforzó con inyecciones sólidas. La excavación pudo retomarse tras una parada de unos seis meses. Gracias a un avance diario medio de 11,05 metros, la excavación de los dos túneles de la sección de Sedrun se terminó varios meses antes de lo previsto a pesar de la parada.

## OPTIMIZACIÓN DE COSTES CON CAD PARA EL REVESTIMIENTO DE TÚNELES

Todo el túnel de base, incluidos los pasillos transversales y las estaciones multifunción, tiene doble

pared. Tras el soporte de la excavación, se aplicaron un sellado y una capa de hormigón para el túnel *in situ*. En las secciones de Erstfeld y Amsteg, el promotor usó tres unidades de encofrado con soportes de 10 metros de largo cada una para el revestimiento de túnel. En un extraordinario logro de logística, se hormigonaron hasta 60 metros de revestimiento al día. O lo que es lo mismo, por cada diez meses de tiempo de construcción se colocaron más de 22 kilómetros de revestimiento de túnel por cada metro. Gracias a la optimización geométrica del revestimiento del túnel y la ayuda de Allplan Engineering, se ahorraron un total de 89 000 metros cúbicos de hormigón, que ascenderían a unos 19 millones de CHF, en las secciones de Erstfeld y Amsteg. Raphael Wick describe el método seleccionado para este fin de este modo: «La posición exacta del soporte de la excavación se incorporó con una medición de la superficie digital. Allplan Engineering interpretó estos datos, que se guardaron en los perfiles estándar. Teniendo en cuenta todos los requisitos que tenían que cumplirse, la configuración óptima del encofrado se determinó a continuación y se trasladó al lugar de la obra para aplicarla». Los ingenieros de Gähler und Partner usaron la planificación en 3D allí donde había secciones difíciles o áreas problemáticas para poder modificar estos componentes con la ayuda de las visualizaciones. Raphael Wick enumera algunos ejemplos: «Ese fue el caso en Erstfeld y Amsteg, por ejemplo, al planificar los complejos tramos de cable espaciales. En Amsteg, el modelo 3D nos resultó muy útil donde dos entradas se encontraban en ambos tubos de los túneles. Las intersecciones espaciales resultantes de las diferentes estructuras se presentaron y modificaron perfectamente en la visualización en 3D. Pero el sistema 3D también nos dio la seguridad de que el refuerzo diseñado se ajustaría bien a la hora de desarrollar los planos de este».



Sistema con dos túneles de vía única de 57 km cada uno

## MÁS DE 1000 DISEÑOS

Gähler und Partner AG también usa Allplan, con 24 licencias, en otros proyectos de construcción de edificios, diseño estructural, ingeniería civil y minería subterránea. La empresa, adquirida por los altos directivos en una operación realizada en diciembre de 1988, cuenta, en la actualidad, con unos 110 miembros en su equipo. Aproximadamente la mitad de ellos trabaja en la construcción de edificios y la construcción de túneles es una de sus competencias centrales en construcción de infraestructuras. Alrededor de 60 programas diferentes de varios proveedores de software especializados, cuyo mantenimiento realizan dos especialistas internos, están disponibles para que los empleados elaboren estos proyectos. La modificación del diseño para la sección de Amsteg se hizo usando el software de CAD Speedikon. La primera vez que se usó Allplan Engineering fue hacia el final de los trabajos en Amsteg y al inicio de la planificación de la ejecución en Erstfeld. El nuevo programa pasó su prueba de fuego nada más empezar: se asimilaron todos los diseños sin errores y continuaron modificándose sin problemas. «El hecho de que la transferencia de datos funcionase tan bien fue un factor de éxito significativo para nosotros», recuerda Raphael Wick. Además, en la relación cooperativa dentro del consorcio de ingeniería y con otros socios colaboradores del proyecto, Gähler und Partner AG se benefició de la fiabilidad de Allplan Engineering al intercambiar datos. «En el proyecto, se usaron multitud de programas en una gran variedad de versiones. En consecuencia, era importante que los diseños pudiesen intercambiarse con una calidad perfecta y sin pérdidas de datos. Con Allplan Engineering, no hubo problemas en ese sentido», afirma el ingeniero civil al hablar de su experiencia antes de continuar para añadir: «En total, creamos unos 120 diseños de bloques diferentes

y más de 1000 diseños para ambas secciones del túnel de base. Se trataba de un enorme volumen de datos y el programa los procesó sin problemas».

---

### RESUMEN DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO

> **Software usado:** Allplan Engineering

### HECHOS Y CIFRAS DEL TÚNEL DE BASE DE SAN GOTARDO

- > **Longitud:** 57 kilómetros (el túnel ferroviario más largo del mundo)
  - > **Duración del viaje a través del túnel:** 20 minutos para trenes de pasajeros
  - > **Velocidad máxima:** trenes de pasajeros, hasta 250 km/h
  - > **Cobertura máxima de rocas:** 2450 metros
  - > **Periodo de construcción:** 17 años
  - > **Material excavado:** 28 millones de toneladas
  - > **Personas implicadas en la construcción:** 2600 personas
  - > **Fecha de inauguración:** 11 de diciembre de 2016
  - > **Coste:** total NRLA con los túneles de base de Lötschberg, San Gotardo y Ceneri, aproximadamente 24 000 millones de CHF
  - > **Cliente:** AlpTransit Gotthard AG
  - > **Planificación y gestión local de las secciones de Erstfeld y Amsteg:** consorcio de ingeniería Gotthard-Basistunnel Nord: Gähler und Partner AG (dirección); Gruner AG; Rothpletz, Lienhard + Cie AG y CES Bauingenieur AG
  - > **Información:** Allplan Engineering, el software BIM, les resultó de gran ayuda a Gähler und Partner AG en el desarrollo del complejo plan de ejecución y garantizó un intercambio de datos fluido entre el consorcio de ingeniería.
-



«Conseguimos procesar un enorme volumen de datos sin problemas usando Allplan Engineering.»

Raphael Wick,  
Gähler und Partner AG

## MODIFICACIÓN DEL VOLUMEN DE UNA ESTRUCTURA DE SOPORTE DE 1500 MILLONES DE CHF

El consorcio de ingeniería Gotthard-Basistunnel Nord modificó el volumen de una estructura de soporte de aproximadamente 1500 millones de CHF en los más o menos 15 años que duró la construcción en las secciones de Erstfeld y Amsteg. A Raphael Wick, gestor del proyecto general, le llena de orgullo haber estado tan involucrado en un proyecto de esa envergadura. *A posteriori*, ¿qué fue crucial para que este gran proyecto llegase a

buen puerto? «Muchos de los problemas no lo son si se cultiva una cultura de transparencia y de colaboración entre todas las personas implicadas en el proyecto. Esto también implica que no necesitemos abogados», responde Raphael Wick. Él también mide el éxito del proyecto por el hecho de que los proyectos supervisados se procesaron según los plazos y el presupuesto previstos, y de que se cumplieron todos los requisitos de calidad.

---

## ACERCA DE ALLPLAN

ALLPLAN es un proveedor global de software de diseño BIM para el sector AEC. Fieles a nuestro lema "Design to build", cubrimos todo el proceso: desde el concepto inicial hasta el diseño detallado final para la obra y la prefabricación. Los usuarios de Allplan crean entregables de la más alta calidad y nivel de detalle gracias a los flujos de trabajo ágiles. ALLPLAN ofrece una potente tecnología

integrada en la nube para respaldar la colaboración interdisciplinar en proyectos de construcción e ingeniería civil. En todo el mundo, más de 500 empleados dedicados continúan escribiendo la historia de éxito de ALLPLAN. Con sede en Munich, Alemania, ALLPLAN forma parte del Grupo Nemetschek, pionero en la transformación digital del sector de la construcción.

### ALLPLAN Systems España S.A.

Calle Raimundo Fernández Villaverde , 30  
Esc.3, 1º Of.314  
28003 Madrid  
Tel: +34 915 71 48 77  
info.es@allplan.com  
allplan.com