



Puente de Tamina, Pfäfers
Empresa de ingeniería
Leonhardt, Andrä und
Partner.

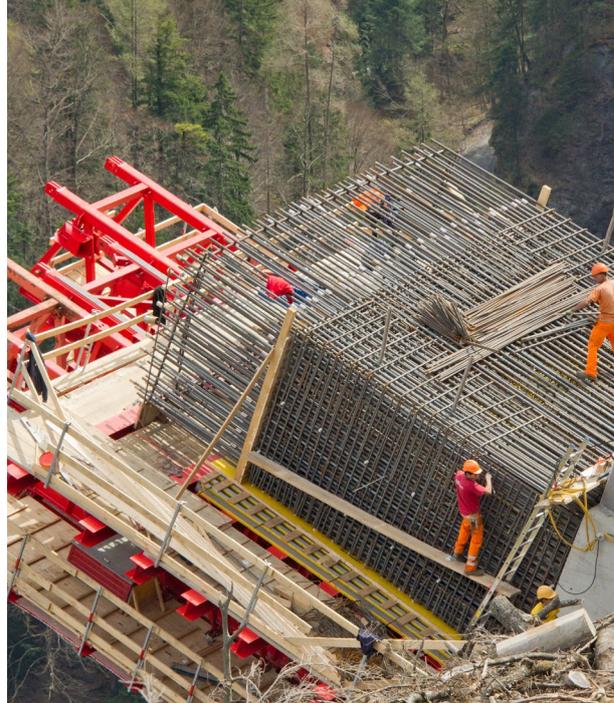
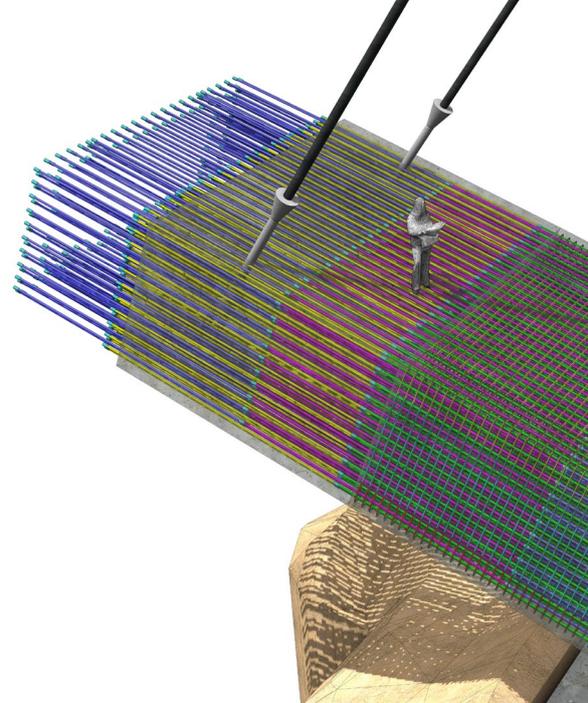
© Foto: Bastian Kratzke

Allplan en la práctica

UN CAMINO FASCINANTE SOBRE UN VALLE: EL PUENTE DE TAMINA EN EL CANTÓN DE SAN GALO

Con unos arcos de 265 metros de envergadura, una estructura superior de 417 de longitud y una altura de 220 metros sobre la base del valle, el puente de Tamina es del mayor puente de arco de Suiza. En el año 2007, salió a concurso público el proyecto del puente de Tamina, que ganó la empresa de ingeniería Leonhardt, Andrä und Partner (LAP). LAP utilizó Allplan Engineering ya desde la elaboración del proyecto para el concurso. Tras ganar el concurso, encargaron a la empresa de ingeniería el diseño estructural. Tuvieron que estudiar numerosas condiciones adversas, entre otras, el viento y los terremotos en la etapa de construcción y la de finalización, o el fallo de un cable tensor. Las dimensiones del diseño para

el concurso pudieron confirmarse en lo esencial y seguirse optimizando los detalles. En la creación de los documentos del diseño y licitación, se apostó de nuevo por Allplan Engineering. El modelado 3D ha resultado ser muy útil en el ámbito crítico de la integración de los montantes de los estribos en la superestructura. Markus Förster, director de la sección de Construcción de Puentes de LAP, explica que «ya en esta fase de planificación fueron necesarias innumerables representaciones de la dirección de los tendones de pretensado y la armadura para, por un lado, mostrar al cliente la constructividad del diseño y, por el otro, sensibilizar a las empresas constructoras sobre las exigentes condiciones marco.



Valens: armado en la fase inicial del arco; izquierda: renderizado, © LAP derecha: © Foto: Oficina de Ingeniería Civil del cantón de San Galo

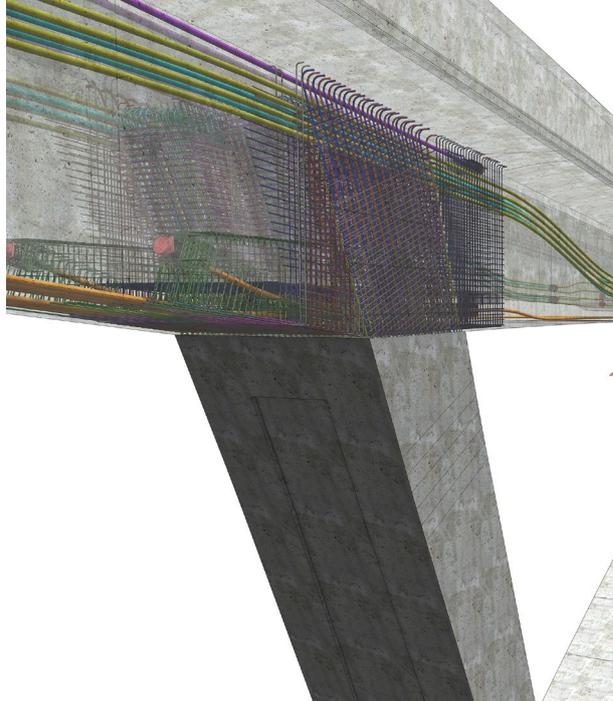
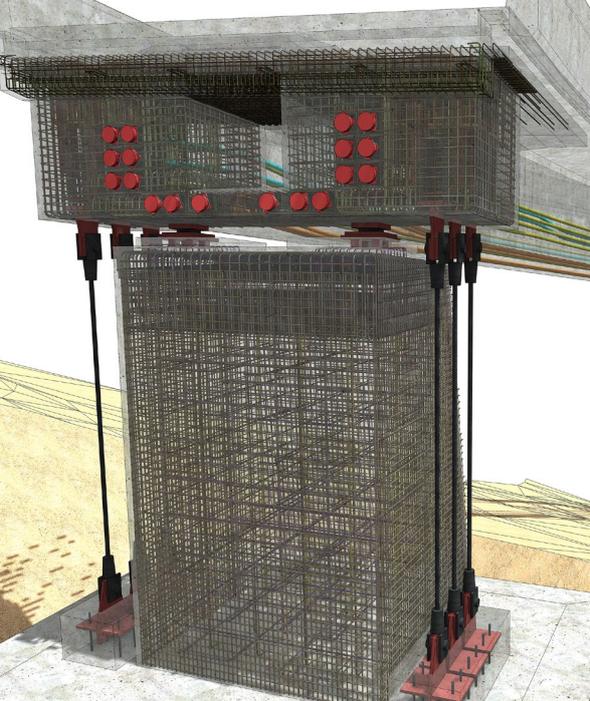
Con Allplan Engineering disponíamos una herramienta muy potente para hacerlo». Para adaptarse a la situación de los flancos del valle, muy empinados y profundos, la estructura se concibió a partir de un arco y una viga continua unida por los apoyos de los estribos y los soportes del arco de forma monolítica. El corazón de la estructura es el arco, que tiene una envergadura de 265 metros. El arco está tensado a ambos lados en los estribos. La altura de la sección transversal varía entre los 4 metros en el estribo de Pfäfers y los 2 metros en el vértice del arco. También el ancho pasa a ser de 9 metros en el estribo de Pfäfers a 5 metros en la zona del vértice. Para reducir peso, el arco se concibió como un perfil hueco en más de la mitad de su longitud.

La superestructura consta de una estructura hueca de hormigón. Se planificó que el ancho de nervaduras de la superestructura fuese de 0,55 metros para que se pudiesen acomodar sin problemas dos tendones de pretensado de las nervaduras uno tras otro. Para conseguir el espacio necesario para las sujeciones de los tendones de pretensado, se ampliaron las nervaduras en los extremos de las secciones de construcción a hasta 1,21 metros. La calzada tiene un grosor máximo de 0,50 metros; entre las nervaduras, su grosor se reduce a 0,30 metros. Al igual que en el caso de las nervaduras, se aumentó el grosor de las placas en los extremos de las secciones de construcción para poder colocar los anclajes de los tendones de pretensado. Debido al trazado del plano con arcos circulares en los extremos de la construcción, es necesario realizar una inclinación transversal

cambiante de la calzada, lo que implica torsiones en algunos segmentos de la placa de ésta. El valor de la inclinación transversal oscila del 5 por ciento en dirección al norte en el lado de Valens hasta el 5 por ciento en dirección al sur en el lado de Pfäfers.

Los montantes están unidos de forma monolítica a los estribos y la superestructura y, esencialmente, concebidos como una sección transversal rectangular transitable. Para reducir el ancho de los pilares de los puentes de acceso desde tierra, los montantes de los estribos no están dispuestos en perpendicular, sino en vertical con respecto al arco. Los soportes que están sobre el arco son de construcción maciza y tienen articulaciones de hormigón en el pie y la cabeza. La unión del arco y la superestructura es también monolítica. La superestructura y los montantes de los estribos hacen las veces de marco; los soportes, de apoyo perpendicular. Los estribos se asientan sobre apoyos desplazables longitudinalmente y están contruidos con cimientos planos.

Leonhardt, Andrä und Partner también se encargó de la planificación de la ejecución. Tras la experiencia obtenida con diversos proyectos de construcción de puentes, se apostó también en este caso por el uso de Allplan Engineering como software de planificación desde el principio. En especial la completísima funcionalidad de 3D contribuyó en gran medida al éxito de la planificación global de esta compleja obra. Markus Förster describe la acertada interacción de planificación, software y ejecución en el siguiente ejemplo: «De acuerdo con la empresa ejecutante y



Izquierda: sujeción del cable de pretensado con armadura y piezas de montaje
 Derecha: integración montante estribo-superestructura en el modelo digital de la obra
 © LAP

teniendo en cuenta el sistema de encofrado empleado, se incorporaron cada una de las 55 secciones de hormigonado del arco, rectas por partes, con exactitud en el modelo 3D. Teniendo esta base se determinó la ubicación en la que debía ir cada segmento y la medición precisa del encofrado».

La primera piedra del puente de Tamina se colocó el 28 de marzo de 2013. Primero, se construyeron los puentes de acceso desde tierra mediante andamios apoyados en el suelo. Para el arco y la superestructura, se retiraron los andamios convencionales desde el principio debido a la profundidad de la garganta de 200 metros. El proceso constructivo ideado originalmente por el responsable del diseño estructural preveía construir el arco y la superestructura con un montaje en voladizo. Por su parte, la propuesta de la empresa encargada de la ejecución, ARGE Tamina-brücke, con las empresas STRABAG, Meisterbau y Erni consistía en que solo el arco se construyese con un montaje en voladizo y que la superestructura se hiciera de forma convencional colocando andamios sobre el arco. Así, y colocando las torres auxiliares necesarias para construir el arco a ambos lados de los estribos en lugar de sobre el puente de acceso desde tierra, pudo sustituirse el proceso constructivo secuencial por uno paralelo en su mayor parte. Esta fue una contribución esencial para reducir el plazo de construcción de los 5 años estimados en un principio a 4 años. Al final de periodo de construcción, se emplearon 14 000 metros cúbicos de hormigón, 3000 toneladas de armadura, 180 toneladas de

alambre de pretensado y 140 anclajes de tendones de pretensado. El peso total del puente es de 35 000 toneladas y los costes de construcción ascienden a 37 millones de francos suizos.

El puente de Tamina se encuadra en una larga serie de construcciones de puentes destacadas, para cuya planificación se ha empleado Allplan Engineering. Además del puente de Tamina, son dignos de mención el puente del Sava en Serbia, el Queensferry Crossing de Escocia o la ampliación del Waalbrug en los Países Bajos como ejemplos de gran envergadura o complejidad.

Trabajando con Allplan Engineering se crean modelos virtuales detallados que incluyen también el cable de pretensado, el armado y los componentes. Así, ya en la fase de planificación, pueden solucionarse problemas potenciales, en especial en zonas críticas como puntos nodales con un contenido de armado muy alto o en las zonas de anclaje del cable de pretensado. El riesgo de no ajustarse al plazo o de superar los costes por problemas durante la ejecución de la obra se reduce claramente. Al mismo tiempo, aumenta la productividad en la planificación de manera notable, entre otras cosas, por las secciones generadas de forma automática o el cálculo de cantidades. El modelo virtual del puente no solo es una ayuda inestimable de diseño y construcción para los ingenieros, también facilita enormemente la comunicación con el cliente, el público o el personal de la obra.



«Ya en la fase de planificación fueron necesarias innumerables representaciones de la dirección de los tendones de pretensado y la armadura para mostrar al cliente la constructividad del diseño y sensibilizar a las empresas constructoras sobre las exigentes condiciones marco. Allplan Engineering resultó ser una herramienta muy potente para hacerlo.»

Markus Förster, director de la sección de Construcción de Puentes de Leonhardt, Andrä und Partner

EL CLIENTE

La empresa de ingeniería de escala mundial Leonhardt, Andrä und Partner (LAP) se especializó desde sus inicios en la ingeniería constructiva a los órdenes de Fritz Leonhardt. De ahí es de donde surgió el enfoque de LAP. Uno de los puntos fuertes de la empresa era, y sigue siendo, la construcción de puentes y edificios de acero y hormigón armado.

A raíz de esto, surgieron numerosos y excelentes proyectos de ingeniería, como la torre de televisión de Stuttgart (1955), la cubierta del Estadio Olímpico

de Múnich (1971), el puente de Gálata en Estambul (1985) o la Gläserne Manufaktur en Dresde (1999), entre otros. LAP también está abierta al desarrollo de la industria de la construcción y a los requisitos asociados a los cambios para una empresa de ingeniería, adaptándose al futuro de forma activa.

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