



Renovación segura de las esclusas de los barcos

por Heiner Gillessen y Uwe Sowa

El Canal de Kiel es la vía navegable artificial más transitada del mundo. En 2014, una media de 89 barcos atravesaron el canal cada día. Tiene prácticamente 100 kilómetros de largo, de Brunsbüttel a Kiel-Holtenau, y une el Mar del Norte con el Báltico, permitiendo así que los barcos ahorren una distancia de unas 250 millas náuticas (o aproximadamente 450 kilómetros) para evitar el extremo más al norte de Dinamarca en Skagen. Aunque los factores estratégicos náuticos podrían haber sido cruciales en el momento de su construcción, en este momento el canal se utiliza exclusivamente para intercambiar mercancía entre varios países de la región báltica y el resto del mundo. El Canal de Kiel abrió sus puertas después de ocho años de construcción el 21 de junio de 1895 y después de otros ocho años más, hubo que ampliarlo debido a la cantidad de tráfi-

co que lo transitaba. Cada extremo del Canal de Kiel está aislado de los niveles de agua oscilante del río Elba y el Mar Báltico con cuatro esclusas: una doble de 1895 (esclusas pequeñas) y el resto de 1914 (esclusas grandes).

Durante un periodo normal de estructuración, se bombeó agua desde 220 metros de largo por la cámara del sur profundo de 10 metros desde una de las esclusas pequeñas en marzo de 2013, y la cámara estuvo seca durante dos meses y medio. Dado que el agua de la cámara del norte hace presión contra el muro de la esclusa de la cámara sur, este fue controlada geodésicamente por motivos de seguridad con una estación total Leica TCRP 1201 y otros sensores. Los datos recogidos durante esta supervisión proporcionaron información del comportamiento de la estructura y protegieron a los inspectores y trabajadores durante la renovación.





■ Una estación total de Leica Geosystems realiza mediciones para observar los posibles movimientos de la pared de la cámara.

Para el muestreo se necesitaba un programa de medición previamente preparado para la especificación del tipo y alcance de las mediciones requeridas. Basadas en este programa, las esclusas pequeñas de Kiel-Holtenau estaban configuradas para controlar la cámara sur durante el periodo de bombeado y la fase de secado. Una respuesta inmediata a cualquier emergencia que pudiera surgir era posible gracias a la capacidad de enviar información del cambio en el comportamiento estructural en cualquier momento durante la obra de renovación.

Supervisión con una estación total

Se instaló la estación total Leica TCRP1201 conectada con el software de control Leica GeoMoS para la recogida y el procesamiento de datos en la parte superior de la estación de control de la esclusa, localizada en la pared divisoria de las dos cámaras de cierre. Dado que la situación del sensor estaba en una zona sujeta a posible movimiento, se procedió con el método de control de estacionamiento libre. Esto supuso la medición de seis bases estabilizadas diferentes, y adheridas a los edificios circundantes en la zona que no estaban sujetos a movimiento para hacer posible las

mediciones de datos controlados por un programa por horas. Así se determinaron los puntos de medición de la esclusa. De este modo, los diez puntos de medición que se pueden derivar del ancho de la cámara servían de «sensores virtuales». Estas mediciones por horas en la parte norte y sur de las paredes de la cámara y el control de los niveles de agua en la cámara y los fiordos se realizaban con los programas de software de la gama altamente personalizable Leica GeoMoS. Además, las coordenadas de seis puntos base de cabezal, los tres puntos base de la cámara y los dos puntos de las cubiertas de inspección también fueron registrados. Se grabaron los valores de cada uno de los seis puntos de medición de aguas subterráneas en el norte y sur cada hora, también el nivel de agua de la cámara y el fiordo y fueron transferidos al software GeoMoS.

Integración de sensores geotécnicos en la gama de Leica GeoMoS

Se detectó una grieta en la pared de la cámara del pasillo sur con sensores de inclinación y fisurómetros, lo que se envió al programa Leica GeoMoS. Cualquier cambio en la longitud y direcciones cruzadas se visualizaba y analizaba en los gráficos fáciles de entender



■ Listos para la renovación segura: la esclusa vacía del barco se inspecciona mientras se controla la estructura.

de Leica GeoMoS Analyzer. La tolerancia de desviación típica en la medición de puntos era de $\pm 2,2$ milímetros y fue controlada por Leica GeoMoS Monitor.

«Un reto específico fue el de integrar sensores geotécnicos en el sistema de control, lo que acabó funcionando perfectamente. El sistema funcionaba a la perfección incluso bajo condiciones climáticas extremas, como nieve, lluvia helada y tormentas. Así se garantizó un alto grado de fiabilidad con respecto al comportamiento estructuras durante el periodo de secado», explicó Heiner Gillessen, director de producto técnico para el control de Leica Geosystems.

El Dipl. Ing. Uwe Sowa del Organismo de Aguas y Tráfico Marítimo de Kiel-Holtenau evaluó los movimientos que se dieron durante la renovación y los resultados después del uso correcto: «Cada sensor cuenta con niveles límites propios de los datos registrados especificados en el software de procesamiento que se asemejan a los colores de la luz del tráfico. Si el valor excedía la tolerancia definida, aparecería en el rango rojo, y se enviaba una notificación inmediata por mensaje de texto y correo electrónico, garantizando la

implementación de las medidas de seguridad. Excepto por unas pocas excepciones en el rango amarillo en las que se requiere un análisis en profundidad, todos los valores objetivo siempre están en verde.»

Mientras tanto, la esclusa se inunda desde ese momento y la cámara norte se ha bombeado, renovado y controlado con el mismo procedimiento. El nivel y los comportamientos de movimiento de las esclusas siguen comprobándose con sensores de inclinación digitales y sensores de posición, y los datos de los mismos se envían y son evaluados por programas de software GeoMoS. ■

Acerca de los autores:

Heiner Gillessen es Director Técnico de Producto de Control y Auscultación en Leica Geosystems.

heiner.gillessen@leica-geosystems.com

Uwe Sowa es Ingeniero de Topografía en el Organismo de Aguas y Tráfico Marítimo de Kiel-Holtenau.

uwe.sowa@wsv.bund.de