

# Reporter 59

La revista de Leica Geosystems



- when it has to be **right**

**Leica**  
Geosystems



## Editorial

Estimadas/os lectoras/es:

En la gestión de proyectos tradicional se habla del «triángulo mágico», o de tres factores que han de tenerse en cuenta en todo proyecto: finanzas, recursos de personal y tiempo. Si se reduce uno de estos factores, aumenta la demanda sobre los otros dos. Si, por ejemplo, debe finalizarse un proyecto antes de lo planificado, el jefe de proyecto necesitará más dinero. O más empleados. E incluso ambas cosas.

El tiempo es dinero: una obviedad pero también una experiencia a la que nos enfrentamos cada día. Nosotros en Leica Geosystems queremos ofrecer productos y soluciones a nuestros clientes que les permitan realizar sus tareas de una forma más productiva, eficaz, con menor inversión de tiempo y menos costes de personal, pero sin que ello vaya en detrimento de la calidad. En la página 19, encontrarán un ejemplo especialmente representativo del modo en que nuestros clientes pueden ahorrar tiempo y dinero: nuestro cliente australiano Sinclair Knight Merz (SKM) ha estandarizado su cartera de instrumentos de medición en todo el país y ahora confía exclusivamente en los productos de Leica Geosystems, desde la estación total al escáner láser. Los empleados de SKM se benefician de un menor esfuerzo de aprendizaje, de una aplicabilidad sencilla y de la minimización del riesgo de errores, todo lo cual redundará también en el beneficio de los clientes de SKM.

Productividad, combinada con calidad; además de los proyectos que presentamos en esta edición de Reporter, también encontrarán el resultado de nuestro trabajo en la Intergeo 2008 en Bremen. Esperamos poder saludarles en nuestro stand del pabellón 5.

¡Qué disfruten de la lectura!

Ola Rollén  
CEO Hexagon y Leica Geosystems

# ÍNDICE

- 03 En el reino del oro blanco
- 06 Misión: servicio postventa
- 08 Leica ADS40:  
El rescate de 700 personas
- 09 El corrimiento de tierra de Ancora
- 12 El mayor trimarán del mundo
- 14 Los láser hacen que  
la historia cobre vida
- 16 Registro de una obra patrimonio  
cultural de la humanidad
- 18 Excavadoras en el río Brisbane
- 19 La estandarización merece la  
pena para SKM
- 22 City Tunnel Leipzig
- 25 Una ciudad en movimiento
- 28 Metrología 3D para la rehabilitación  
de edificios antiguos
- 32 Un túnel en el fondo del mar
- 34 Formación y servicio en Guatemala
- 35 Levantamiento topográfico  
en Japón
- 35 Precisión de 5 cm  
para la agricultura

## Nota editorial

**Reporter:** Revista para los clientes de Leica Geosystems AG

**Edita:** Leica Geosystems AG, CH-9435 Heerbrugg

**Dirección de la redacción:** Leica Geosystems AG,  
CH-9435 Heerbrugg, Suiza, Tel: +41 71 727 34 08,  
reporter@leica-geosystems.com

**Responsable del contenido:** Alessandra Doëll  
(Directora de Comunicación)

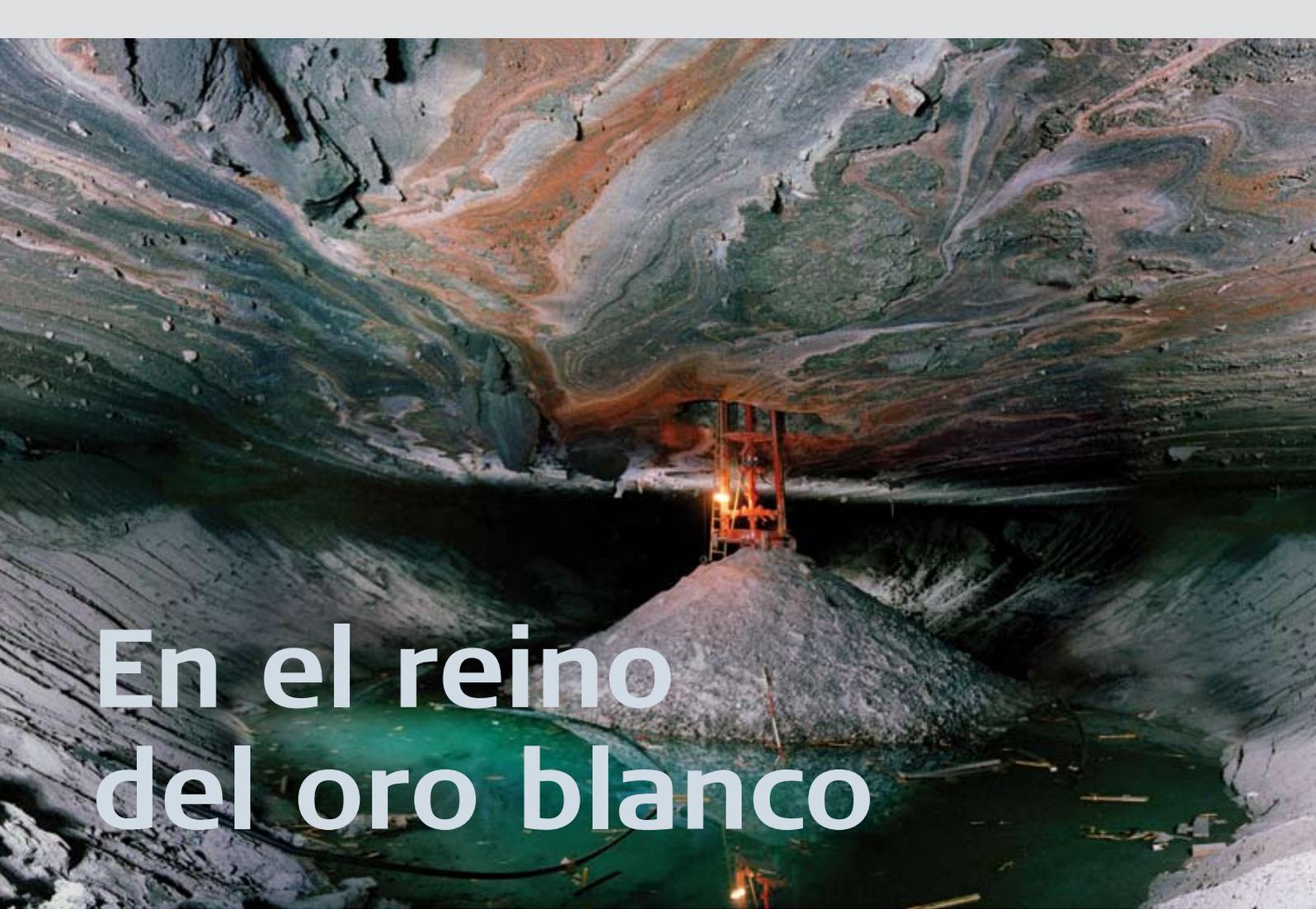
**Redacción:** Agnes Zeiner

**Publicación:** Dos veces al año en alemán, inglés,  
francés y español

La reimpresión y traducción, incluso parciales, sólo están permitidas con la autorización expresa del editor.

© Leica Geosystems AG, Heerbrugg (Suiza)  
septiembre de 2008. Impreso en Suiza

**Fotografía de portada:** El «Spiegelsee» (lago de espejo)  
en la mina de sal de Berchtesgaden, © Emanuel Raab



# En el reino del oro blanco

por Agnes Zeiner

**¿Atracción turística? ¿Mina de alta tecnología? ¿Museo? La mina de sal de Berchtesgaden es un poco de cada cosa. La mina-espectáculo es visitada anualmente por cerca de 400.000 visitantes. En los 28 pozos mineros se producen al día unos 2.000 metros cúbicos de agua salina, de los que se obtendrán más de 530 toneladas de sal. Y para especialistas en levantamiento, la mina de sal es un fantástico viaje en el tiempo.**

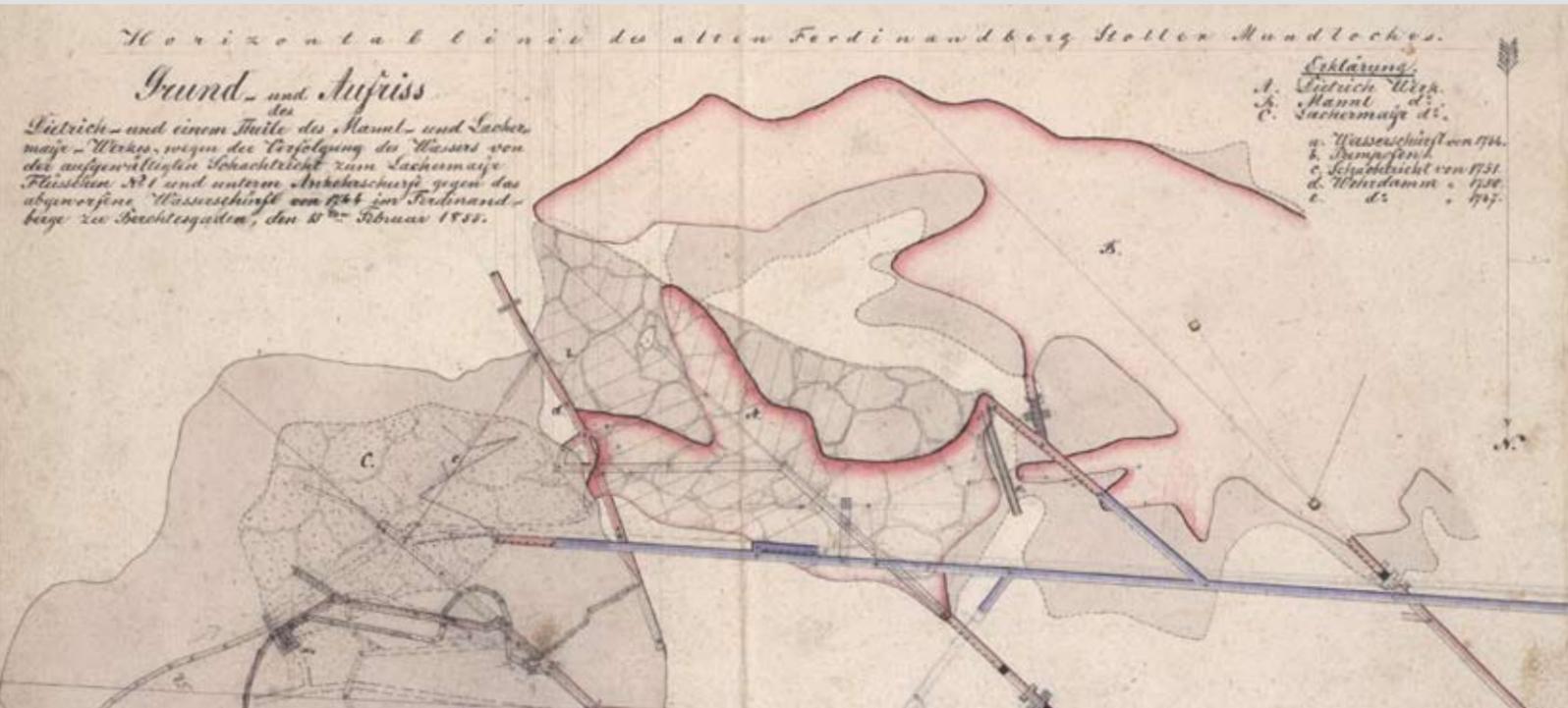
Wolfgang Lochner, director de topografía minera y jefe del equipo técnico en la mina de sal de Berchtesgaden, está seguro de tener no sólo un lugar de trabajo fascinante sino también extremadamente bello. Cuando no se encuentra trabajando en la mina, tiene unas fabulosas vistas a la montaña de Watzmann: «¿Quién puede decir lo mismo?» Berchtesgaden es una de las últimas minas de sal todavía activas en Alemania. Comenzó en 1517 con los trabajos en la galería Petersstollen por parte del preboste Gregor Rainer. «El conocimiento sobre la obtención de sal ya

la tenían los celtas, y de la vecina Bad Reichenhall se viene obteniendo sal desde tiempos prehistóricos. En Berchtesgaden también existía extracción de sal desde antes, pero fue a partir de 1517 y de la intervención de Gregor Rainer cuando se convirtió en la actividad principal», afirma Lochner recurriendo a la historia. Desde entonces se han construido aproximadamente 100km de galerías en la montaña.

## Un centímetro por día

Los primeros planos a los que se ha tenido acceso datan de mediados del siglo XIX. «Pero los primeros mapas topográficos seguro que se realizaron en el siglo XVI» Pese a esta larga tradición minera, no existe la preocupación de que la sal pueda acabarse: ya se han explorado los yacimientos para los próximos 30 años y se ha constatado que existen reservas para otros 100; y algunos expertos creen que existe capacidad para los siguientes 300. Actualmente se realizan al año cerca de 600 metros de galerías y se trabaja en unos 29 pozos de aprox. 30 km; cada uno de estos pozos tiene una «vida útil de explotación» cercana a los 30 años.





■ Dibujo de la planta Dietrich en la mina de sal de Berchtesgaden del año 1855.

En Berchtesgaden se produce agua salina, materia prima para obtener sal refinada. Ésta es luego conducida a través de una tubería hasta Bad Reichenhall. Allí, el agua salina es llevada a ebullición hasta que sólo queda sal de cocina pura. Cada metro cúbico de agua salina contiene un máximo del 26,5% de sal. «Este proceso es relativamente costoso», explica Lochner. Se debe a que la sal no se encuentra en bloques en la roca, sino que debe extraerse mediante la adición de agua dulce. «El proceso se realiza en los pozos mineros: introducimos desde arriba agua con calidad potable, la sal se desprende y, por su propio peso específico, el agua salina se separa del agua dulce (más ligera). Finalmente, el agua salina puede bombearse hacia arriba mediante una bomba sumergible hasta llegar a la tubería.» Esto, que parece tan sencillo, es un proceso largo, cada día aumenta el nivel de agua apenas 1 cm en cada pozo. Un pozo minero suele tener aprox. 125 m de largo, 65 m de ancho y 120 m de altura.

### Lo antiguo y lo moderno

La topografía minera es prácticamente tan antigua como la minería. «Actualmente, nuestras tareas principales son la auscultación de las galerías y pozos existentes, la medición del avance, la exploración y – a cielo abierto – la asistencia técnica al levantamiento de obras (medición en ingeniería civil), así como la administración de los terrenos de la mina de sal», explica Wolfgang Lochner. «Esto hace que mi trabajo sea muy estimulante, ya que abarca prácticamente todo el espectro de levantamientos en ingeniería civil; realmente nunca nos aburrimos». Incluye el registro

y representación de las excavaciones existentes; el registro, la auscultación y la documentación de la explotación minera; la planificación y el replanteo de las excavaciones de galerías; los levantamientos que acompañan a la construcción en el avance de galerías, igual que para la construcción de túneles, así como el registro y la representación de los movimientos orogénicos. «Las precisiones que podemos alcanzar hoy en día tienen una desviación estándar inferior a 1 mm en la nivelación bajo tierra, una desviación estándar de aprox. 0,5 mm en la nivelación a cielo raso y por debajo de 15 mm de precisión de la posición de un punto en la red de puntos fijos en la red de control bajo tierra», afirma Lochner.

Los agrimensores de minas colaboran estrechamente con los geólogos tanto externos como de la propia empresa y también con las autoridades de inspección. «Por este motivo, tenemos que disponer de dos sistemas de datos: por una parte, conservamos actualizados los planos de minas oficiales utilizando tinta china, pluma y acuarelas. Pero por supuesto para nuestra planificación y documentación trabajamos con modernos planos CAD. Por así decirlo, lo antiguo y lo moderno unidos», explica Lochner con una sonrisa.

La feliz coexistencia entre lo antiguo y lo moderno es lo que los visitantes encuentran a cada paso en esta mina de sal. Y no sólo en la mina-espectáculo, donde anualmente cerca de 400.000 visitantes pueden admirar esta mina bajo tierra en el nuevo

recorrido turístico que se ha abierto denominado «SalzZeitReise» (viaje a la época de la sal). Durante este viaje pueden verse en vitrinas, junto a modernos instrumentos como la Leica TPS1200, otros instrumentos antiguos, como un anteojo con limbo vertical de mediados del siglo XIX o el taquímetro Wild T2. Este último se fabricó desde 1926 a 1996 por Wild Heerbrugg (actualmente Leica Geosystems).

### Desde Reichenbach hasta Leica Geosystems

Lochner y su equipo confían por una parte en la tecnología más moderna, como el nivel digital Leica DNA03, el taquímetro Leica TCRA1100, las estaciones totales del Leica System 1200 o el distanciómetro láser Leica DISTO™. Pero por otra parte, todavía encuentran indispensable el uso de algunos instrumentos antiguos, como la brújula de agrimensor de minas, que se utiliza prácticamente sin variación desde 1897, y que se ha sustituido hace poco tiempo por una brújula digital especialmente fabricada con interfaz Bluetooth® para un ordenador portátil. «Naturalmente, la mayoría de instrumentos ha ido cambiando al mismo paso que nuestras tareas, lo que antes eran anteojos con limbo vertical y disco graduado, hoy en día son niveles digitales y estaciones totales. Pero para algunos instrumentos, sencillamente no existe sustituto», opina Lochner. «Algunos de mis más antiguos instrumentos tienen su origen en el taller de Reichenbach de 1800.» Naturalmente ya no están en servicio, pero «todavía podrían funcionar perfectamente, ¡las ventajas de los instrumentos mecánicos!»

En la mina pueden verse equipos que han perdurado hasta hoy, como la «Röhrkasten», una caja de madera que mediante un sencillo procedimiento mide el caudal de agua en el pozo minero con una precisión <1%. «Modelo del año 1756, preciso y sin desgaste», sonríe Lochner. Junto a ella encontramos, como si fuera de otro mundo, un armario de ordenador ultramoderno cuyo contenido se controla desde el exterior a través de cables de fibra óptica.

Pese al recuerdo del pasado, la mentalidad de Wolfgang Lochner es del futuro. Hace poco, su equipo ha realizado ensayos con los escáneres de alta definición de Leica Geosystems, cuyos resultados se están evaluando actualmente. Las distancias bajo tierra se registran como datos de nivel y de altura, pero no como modelo 3D. «Esto es perfectamente apropiado para poder crear la referencia respecto a la situación en la superficie, pero nuestros objetivos van más allá.» ■



## El mundo subterráneo está abierto para todo el mundo

La tradición de las minas de sal ha influido durante siglos en el carácter de la región. El «SalzZeitReise» (viaje a la época de la sal) en la mina de sal de Berchtesgaden permite disfrutar a todo el mundo de la historia con la ayuda de los medios más modernos. Un interesante sistema de guía al visitante, módulos de control activos e interactivos, instalaciones de luz, experiencias sensoriales y estaciones de aprendizaje conducen al visitante a través de una experiencia subterránea que le resultará absolutamente novedosa.

### Más información:

Mina de sal Berchtesgaden  
Bergwerkstraße 83  
D-83471 Berchtesgaden  
Teléfono: +49 (0)86 52-6002-0  
Telefax: +49 (0)86 52-6002-6,  
[www.salzzeitreise.de](http://www.salzzeitreise.de), [info@salzzeitreise.de](mailto:info@salzzeitreise.de)

### Horario de apertura:

Del 1-5-2008 al 31-10-2008: de 9:00 a 17:00 horas\*  
Del 2-11-2008 al 30-4-2009: de 11:30 a 15:00 horas\*  
(\* última entrada)

# Misión: servicio postventa

por Agnes Zeiner

**Los instrumentos y soluciones de Leica Geosystems son utilizados por nuestros clientes en todas partes del mundo. Al mismo tiempo, tenemos el compromiso de aportar el mejor soporte y servicio, sin importar dónde se encuentre el cliente y el instrumento. Un equilibrio que el equipo del Central Technical Services logra cada día en colaboración con sus socios.**

En la oficina de Peter Ammann, jefe de sección de Central Technical Services, abreviadamente CTS, las persianas se encuentran esta mañana medio bajadas para proteger del radiante sol veraniego en Suiza. «A medio día casi es insoportable», dice sonriente; parece que el jefe del equipo CTS, formado por más de 30 personas, no recibe trato de favor.

Ammann es un misionero. No en el sentido religioso, sino en lo que respecta al sentido de su trabajo, ya que demasiado a menudo la tarea de su equipo se equipara a «reparación». Pero el servicio técnico es sólo una parte de la oferta de servicios que ofrece Leica Geosystems. «También definimos las condi-

ciones de estos servicios, nos encargamos de que se implementen y de comprobar continuamente el resultado. El tiempo que un cliente se toma para decidirse por un instrumento Leica Geosystems es realmente muy corto. Pero luego tendrá que trabajar con este equipo durante años, y de ello dependerá a menudo su sustento. Por lo tanto, creemos que hacemos lo correcto enfocando nuestros esfuerzos hacia ese período posterior», declara Ammann.

El cliente recibe una solución integral de producto y servicio: con los Leica Customer Care Packages, abreviadamente CCPs, puede ofrecerse a cada cliente un paquete de servicio que se adapte a sus necesidades, desde la simple actualización de software hasta el «Paquete Gold» con un amplio servicio de hardware y software, además de ampliación de garantía.

Leica Geosystems y sus socios mantienen más de 200 centros de servicio certificados en todo el mundo. Cada tres años se comprueban estos centros para garantizar que se cumplen los estándares prescritos. Esta actividad se realiza durante una auditoría de servicio como parte del sistema de garantía de calidad. «Pero estas auditorías también sirven para



asesorar a nuestros socios, ya que a menudo pueden conseguirse importantes mejoras en el proceso de trabajo por medio de pequeñas modificaciones en la infraestructura o inversiones. Y esto tiene un efecto directo en la velocidad de procesamiento de los aparatos recibidos para servicio y reparación», afirma Ammann.

¿Cómo asegurar que los clientes tengan el mismo servicio en cualquier lugar del mundo? Desde luego, no es fácil, admite el jefe de CTS. «Viajamos muy a menudo para comprobar que nuestros estándares de servicio se mantienen a la misma altura en todas partes. Pero nuestros socios también invierten mucho.» Nos conduce hasta una gran sala, un taller, suponemos. Ammann sonríe: «No, es una sala de formación. Cada nuevo empleado técnico de un socio de servicio de Leica Geosystems visita nuestras instalaciones de Heerbrugg en Suiza. Aquí es instruido acerca de todos los equipos, con el fin de que el servicio tenga lugar rápida y adecuadamente. Nuestros técnicos experimentados también están implicados cuando Leica Geosystems lanza al mercado un nuevo e innovador producto.» El conocimiento adquirido desde el servicio postventa se convierte en información de primera mano, que después es aplicada al desarrollo de nuevos productos.

«Factores como los Customer Care Packages, la calidad asegurada en nuestros talleres de servicio certificados y la formación continua de nuestros técnicos de servicio crean confianza. Y los clientes que confían en nosotros ahora, lo hagan también en el futuro», afirma Peter Ammann con seguridad. ■



■ El empleado del CTS Guido Grossmann durante el ajuste de una estación total Leica TCP1205+.



# Leica ADS40: 700 personas rescatadas

por Rüdiger Wagner

**700 víctimas del grave seísmo ocurrido en mayo en China pudieron ser rescatadas en Cao Ping después de que su mensaje de socorro «SOS700» fuera descubierto entre los datos capturados por un sensor ADS40 de Leica.**

Después del terrible terremoto ocurrido el 12 de mayo en Sichuan, China, las autoridades locales necesitaron, en el marco de la posterior evaluación de daños, una visión general rápida, precisa y comprensible de las áreas afectadas. Tras el llamamiento realizado a través de la Academia China de la Ciencia (CAS, en su abreviatura inglesa), la compañía Taiyuan Aero Photography Co Ltd. ofreció inmediatamente su sensor digital de aerofotografía ADS40 de Leica a Chongqing cerca de Chengdu, en la provincia de Sichuan. A partir del 13 de mayo se realizaron 15 vuelos en el área afectada por el seísmo, durante los cuales el sensor ADS40 de Leica mostró toda su eficacia. Con la inestimable asistencia del equipo de Leica Geosystems, se generaron diariamente varios terabytes de datos gráficos continuos y de gran calidad que por la noche eran enviados a las autoridades locales y a la Oficina del Presidente para su análisis e información.

El 16 de mayo, una vez evaluados los datos correspondientes al día, el equipo de Leica Geosystems envió los datos gráficos corregidos al Centro de Salvamento contra Seísmos del gobierno central chino para su análisis. Mientras se analizaban las tiras de película, los empleados descubrieron un mensaje que ponía

«SOS700» sobre el techo de un edificio en la población de Cao Ping cerca de la ciudad de Yingxiu. Pese a que en un primer momento no se comprendió totalmente el significado del mensaje en el centro de salvamento, se envió inmediatamente un equipo de rescate a la población. Al llegar a Cao Ping, los rescatadores encontraron a 700 habitantes del pueblo, que estaban sin víveres ni agua, y muchos de ellos heridos.

Sam Chen, Vicepresidente de Leica Geosystems en China, nos dice: «Se trata realmente de un caso en el que la tecnología de sensores altamente desarrollada del Leica ADS40 ha podido ayudar a salvar la vida de muchas personas. En Leica Geosystems estamos orgullosos y nos sentimos honrados de haber podido ayudar a nuestro pueblo y a nuestro país en esta situación de emergencia realizando un esfuerzo en común con nuestros clientes y las autoridades locales. Con ayuda de nuestra tecnología también podremos contribuir a la reconstrucción de Sichuan y de la vida de sus gentes.»

La más novedosa tecnología de sensor lineal del Leica ADS40 permite el registro rápido de un gran volumen de datos con la misma resolución espacial en todos los canales y sin pérdida de calidad ni de información. En combinación con un flujo de trabajo sencillo y rápido, el Leica ADS40 garantiza una eficacia de producción excelente incluso cuando el tiempo apremia. ■

*Acerca del autor:*

*Rüdiger Wagner es jefe de producto de Airborne Sensors en Leica Geosystems en Heerbrugg/Suiza.*



# El desprendimiento de tierra de Ancona

por Carlo Bonanno y Massimo Magnani

**El 13 de diciembre de 1982, la ciudad italiana de Ancona fue devastada por un terrible desprendimiento de tierra que afectó a más del diez por ciento del término municipal. Edificios e infraestructuras resultaron seriamente dañados, cerca de 3.000 personas hubieron de ser evacuadas, la línea de ferrocarril y la carretera estatal quedaron bloqueadas, los suministros de agua y de gas interrumpidos. Después de años de investigaciones, las autoridades llegaron a la conclusión de que la consolidación no era una opción viable, ya que por un lado se necesitarían inmensas cantidades de dinero y, por otra parte, habría que contar con graves efectos para el medio ambiente. Para garantizar la seguridad de la población, la administración municipal acordó la instalación de un complejo sistema integrado de auscultación para supervisar constantemente el desprendimiento.**

El área afectada de la ciudad de Ancona abarcaba cerca de 341,5 hectáreas, que iban desde una ladera situada a una altura de aproximadamente 170m y hasta llegar al mar. Las precipitaciones durante los 15 días anteriores al desprendimiento de tierra del 13 de diciembre de 1982 no fueron excepcionalmente altas, pero sí fueron muy perseverantes, por lo que el nivel de agua subterránea iba aumentando constantemente. Después de la catástrofe se aprobaron una serie de leyes a nivel nacional y regional para aplicar los medios necesarios para la adopción de medidas de emergencia, la reedificación y el saneamiento del área afectada por el desprendimiento de tierra y para la asistencia a los ciudadanos.

Después de realizadas las primeras medidas de emergencia, se comprobaron exhaustivamente el área afectada y los fenómenos que se habían producido. El objetivo era elaborar un plan para la seguridad de las viviendas de la zona. Además, se elaboró un plan



para el control constante del área del desprendimiento de tierra con ayuda de instrumentos geodésicos y geotécnicos que debía posibilitar la redacción de un plan de emergencias para protección civil. El proyecto se dividió en dos secciones funcionales. Para la primera – la instrumentación geodésica –, Leica Geosystems ganó en septiembre de 2006 el concurso público de la administración municipal de Ancona para el suministro y la instalación de un sistema de auscultación integrado altamente preciso.

En asociación con los técnicos de la administración municipal de Ancona, se empezó a finales de 2006 con la instalación, que concluyó el verano del pasado año. En octubre, con motivo de la presentación del sistema a la población, se inició la segunda fase (todavía en marcha) para la puesta en marcha y la calibración del sistema. Esta fase ha permitido a los responsables analizar los primeros resultados y determinar los umbrales de alarma que se aplicarán en el plan de protección civil.



■ Vista actual del «gran desprendimiento de tierra».

### Tres niveles para la máxima seguridad

A causa del tamaño del área por controlar y de la compleja morfología de las zonas afectadas, el sistema abarca tres niveles de control:

- El primer nivel de alarma consta de tres estaciones principales que se encuentran fuera de la zona del desprendimiento, equipadas con estación total, GPS de doble frecuencia y sensor de inclinación biaxial.
- El segundo nivel abarca cinco estaciones de control colocadas dentro del área de desprendimiento con la misma instrumentación.
- El tercer nivel, que se compone de una red de 26 GPS de una frecuencia, abarca las estaciones de

auscultación que están instaladas en los edificios de viviendas y todos los prismas.

Para las estaciones de la red de primer y segundo nivel se han encastrado postes de hormigón armado de 1 metro de grosor hasta una profundidad de entre 10 y 25 m. Éstos llegan hasta una altura cercana a los 3 m y en cada uno de ellos se dispone de una estación total Leica TCA2003. Las antenas Leica AX1202 de los sensores GPS Leica GRX1200 están fijadas a mástiles de acero inoxidable con un diámetro de 10 cm y una altura variable. Las estaciones disponen de sistemas de alimentación y comunicación.

Para las estaciones de la red del tercer nivel, se han instalado en los tejados de las casas antenas GPS de una frecuencia y módulos solares, que están cableados con las cajas de protección y de suministro de corriente. Sobre los edificios de viviendas del área afectada se han instalado alrededor de 200 prismas para la medición mediante las siete estaciones totales Leica TCA2003.

### Hasta mayo de 2008 no se han detectado movimientos significativos

El sistema es regulado automáticamente desde el puesto de control de Ancona, a 3 km del área supervisada. Una línea de comunicación principal WLAN-HyperLAN permite el control completo y en tiempo real de todos los sensores de campo. En los ordenadores del centro de control se han instalado las soluciones de software Leica GeoMoS y Leica GNSS Spider para la gestión de sensores y el análisis de datos. Los módulos de software han sido específicamente desarrollados para la gestión de los umbrales de preparación de alarma, prealarma y umbrales de alarma, y para la activación de los sistemas de advertencia destinados a proteger a la población. El acceso remoto al sistema es posible a través de Internet, lo que permite al personal responsable el control y la supervisión del mismo en todo momento.

Las estaciones totales Leica TCA2003 realizan un ciclo de medición en los prismas cada cuatro horas. Los sensores GPS registran las mediciones durante una duración de seis horas con una velocidad de adquisición de datos de 15 segundos. El análisis de los datos recogidos desde octubre de 2007 a mayo de 2008 han demostrado que en este período no se registraron movimientos significativos.

Un año después de la implementación del sistema de auscultación, los técnicos responsables pudieron analizar los primeros resultados. Este período de calibración ha sido fundamental para determinar los umbrales de preparación de alarma, de prealarma y de alarma.

### Implementaciones futuras

La segunda fase funcional del proyecto de auscultación prevé el suministro y la instalación de sensores de profundidad geodésicos y de inclinación de dos ejes altamente precisos. La integración de sensores de distintas tecnologías permite, por una parte, el control eficaz de los fenómenos gravitacionales complejos como puede ser este desprendimiento de tierra en Ancona; por otra parte, puede estudiarse este fenómeno y su desarrollo a lo largo del tiempo median-

te el análisis de los valores de medición registrados. De este modo, pueden planificarse con precisión los trabajos de consolidación necesarios para que resulten efectivos.

En Ancona, la administración pública y la población deben convivir con un grave fenómeno de desprendimiento de tierras. Por ello, la ingeniería debe ponerse al servicio de la población, para minimizar el riesgo que supone vivir en la zona del desprendimiento. ■

#### Sobre los autores:

*Massimo Magnani y Carlo Bonanno son empleados de Leica Geosystems SpA en Italia. Massimo Magnani trabaja en soporte técnico para Engineering & Solutions, Carlo Bonanno es director de ventas de Engineering & Solutions.*



## Volumen del proyecto «Grande Frana di Ancona»

- 7 estaciones totales Leica TCA2003
- 7 sensores GPS L1/L2 Leica GRX1200
- 26 sensores GPS L1 Leica GX1210
- 230 prismas de auscultación
- 40 sistemas de suministro de corriente

- 1 sistema de comunicación WLAN – HyperLAN
- 1 Un centro de control y gestión en tiempo real para el sistema de vigilancia con el Software Leica GeoMoS y Leica GNSS Spider



por H el ene Leplob

**La gran experiencia adquirida por el Banque Populaire en la fabricación de botes de carreras, le ha permitido lograr una gran notoriedad en el deporte de la vela. Ante esta perspectiva, ahora se le presenta un nuevo desafío al «banco de la vela»: la construcción del mayor trimarán del mundo, el «Banque Populaire V». El proyecto tiene un único objetivo: fulminar todos los récords de vela existentes hasta ahora. El barco tiene un casco central de 40 metros de largo, flanqueado por dos flotadores de 37 metros de longitud, y un mástil de 45 metros de altura. La empresa francesa Ecartip ha recibido el encargo de medir y comprobar las piezas fabricadas con un escáner láser 3D de Leica Geosystems.**

Si se quieren obtener las máximas prestaciones, resulta esencial la elección de la técnica correcta. Por eso, para la construcción del «Banque Populaire V» se optó por una tecnología acreditada: una capa de Nomex (fibra sintética de alta resistencia con estructura de panel) unida mediante acción térmica entre dos capas de carbono. No obstante, existía el riesgo de que los elementos de este enorme prototipo se pudieran deformar debido al calor. Por eso, Olivier Borneau, responsable de materiales compuestos en

el equipo del Banque Populaire, encargó a la empresa Ecartip la medición y el control de los componentes del barco mediante un escáner láser 3D. El objetivo era detectar las divergencias entre las piezas fabricadas y el modelo digital teórico con el fin de constatar posibles deformaciones y, llegado el caso, adoptar las medidas apropiadas para garantizar la capacidad prescrita del barco.

### **Escaneado de casco y flotadores**

Dos empleados de Ecartip escanearon in situ los distintos componentes y los resultados se procesaron directamente para ahorrar tiempo. Durante este proceso, Eric Rabaud, director de proyectos en Ecartip, supo apreciar el campo visual máximo del escáner láser Leica HDS3000: «Gracias al campo visual completo, pudimos escanear los flotadores rápidamente y sin limitaciones, simplemente colocando el láser sobre el suelo. De otro modo, tendríamos que haber elevado los flotadores, cosa que habría resultado imposible.»

Para los flotadores de 37 metros de longitud resultaron necesarias 10 posiciones de escaneo. Estos escaneos múltiples permit an obtener una precisión de  $\pm 4$  mm en las nubes de puntos y de  $\pm 2$  mm en el modelado. Ecartip elaboró secciones, vistas 3D e informes sobre las divergencias calculadas y los planos de verificación, con los cuales podía controlarse

la conformidad de las piezas del barco. Mediante el modelado de los cascos también fue posible redefinir los ejes reales y los planos de simetría del barco. Las piezas individuales del trimarán podían así alinearse con precisión teniendo en cuenta las propiedades mecánicas y las deformaciones observadas. Este trabajo de precisión tenía un significado decisivo para la instalación de la caja de orza y de la pala del timón, así como de otras piezas del barco.

Esta característica convenció por completo al jefe de sección del equipo Banque Populaire, no sólo porque podía gestionar las deformaciones constatadas, sino porque se habían ganado cinco días respecto a la planificación original. «Antes no sabíamos por qué el barco giraba más hacia la derecha o hacia la izquierda, controlábamos el trabajo realizado con hilo de aplomar y cinta métrica. Pero con esta tecnología ganamos tiempo y aumentamos la fiabilidad y la precisión de las mediciones. Pero sobre todo podemos corregir el eje de simetría antes de la botadura», afirma Olivier Bordeau.

### Asistencia durante el montaje

El montaje de tales piezas no es sencillo y la precisión durante el posicionamiento es esencial. En el pasado, los componentes eran guiados hasta su posicionamiento en el casco central con ayuda de una proyección sobre el suelo, además de con hilo de aplomar y nivel de burbuja. Este meticuloso trabajo podía llevar días enteros. A continuación, las piezas se cortaban, se colocaban en su posición y se repetía todo hasta que las piezas asentaban en su lugar de una forma perfecta.

Puesto que el equipo Banque Populaire ya estaba absolutamente convencido de la profesionalidad de la empresa Ecartip, se acordó comprobar la disposición de los brazos en el casco central con ayuda de un escáner láser 3D. Eric Rabaud definió el área por cortar en los elementos modelados del barco antes de marcarla en el casco con ayuda de un teodolito. «Estábamos acostumbrados a trabajar con un margen de seguridad», explica Olivier Bordeau. «Al principio, no queríamos asumir el riesgo de cortar exactamente el área delineada.» Pero después de la primera pieza, el equipo pudo constatar lo obvio: que el área delineada era perfecta. Como resultado, el escáner nos acompañó durante todo el montaje y asistió al equipo en el ensamblaje y el posicionamiento de las piezas individuales.

Esta primera aplicación del escáner láser Leica HDS3000 ha modificado los métodos de medición en la construcción de barcos de regatas: «En el pasado no existía una auténtica cultura de medición en este ámbito, se trata de una revolución», afirma Olivier Bordeau. Los procesos de control y montaje sólo exigen un tercio del tiempo habitual requerido en el apretado calendario de construcción de este prototipo. Al mismo tiempo, es posible disponer y adaptar los elementos en el casco central de modo que se garantice una geometría óptima del barco. ■

*Sobre la autora:*

*Hélène Leplomb es la responsable de marketing de Leica Geosystems en Francia.*

## Banque Populaire V

**Clase:** maxi trimarán oceánico tripulado

**Patrón:** Pascal Bidégorry

**Eslora:** 40,00 m

**Manga:** 23,00 m

**Desplazamiento:** 23 t

**Calado:** 5,80 m

**Altura sobre el agua:** 45 m

[www.voile.banquepopulaire.fr](http://www.voile.banquepopulaire.fr)

[www.ecartip.fr](http://www.ecartip.fr)



# Los láseres hacen que la historia cobre vida

por Daniel Stettler

**En lo alto de una soleada ladera en el valle de la Engadina se sitúa el pequeño pueblo de Tschlin de 175 habitantes (en el cantón suizo de los Grisones). Las perspectivas económicas serían aquí desoladoras si entre los autóctonos no existiese un verdadero espíritu empresarial e innovador. Pero no hay cambios sin desafíos: ¿cómo se puede evitar la decadencia demográfica de un pueblo y asegurar la permanencia a largo plazo de la población ofreciendo posibilidades a las familias jóvenes? ¿Cómo pueden renovarse y conservarse las viviendas típicas sin convertirlas en museos? ¿Cómo pueden convertirse granjas tradicionales en modernas casas para vacaciones sin que por ello se pierda el especial carácter rural?**

Tschlin es el ejemplo ideal de un pueblo de montaña europeo en transición entre el pasado y el presente. Por este motivo, fue seleccionado como estudio de caso para estudiantes de arquitectura de la Universidad de Washington en Seattle. Como iniciador del estudio, pasé el verano de 2007 con un grupo de estudiantes para echar una mano en la solución de las cuestiones planteadas anteriormente. Durante dos meses nos dedicamos a toda una serie de proyectos destinados a ayudar a la comunidad en la planificación de su futuro. En esta fase, los instrumentos de medición de Leica Geosystems jugaron un papel muy importante.

## Condiciones de medición exigentes

Uno de los objetivos del proyecto era la toma de inventario de todos los edificios existentes en Tschlin. Para ello se realizaron dibujos exactos del estado de las viviendas y de los espacios públicos del pueblo, que debían servir como base para las posteriores actividades de planificación. Esto en teoría suena muy sencillo, pero la topografía empinada de la comunidad, en combinación con las formas irregulares de los edificios, creaban unas condiciones de medición que nos planteaban un auténtico desafío. Hubiese resultado muy pesado a la vez que peligroso hacer uso de herramientas de medición convencionales como miras y cintas métricas subidos a escaleras. La típica casa de la Engadina con su forma compleja y su notable tamaño tampoco contribuía a facilitar la tarea. No obstante, con ayuda de los láseres de Leica Geosystems pudimos medir todos estos edificios de modo seguro y desde el suelo.

Utilizamos tres instrumentos distintos: los distanciómetros láser Leica DISTO™ A5 y Leica DISTO™ A8, así como el láser lineal Leica Lino L2. Con los DISTO™ A5 y A8 se realizaron las mediciones de alturas y distancias, mientras que el Lino L2 suministraba las líneas de referencia horizontales y verticales. El DISTO™ A5 demostró ser un equipo muy fiable para mediciones de punto a punto. Para mediciones simples, la sencillez del instrumento resultó ser extremadamente práctica. Pero en condiciones más difíciles, como con luz deficiente o grandes distancias, era el Leica



DISTO™ A8 el equipo que nos ofrecía los mejores servicios. Gracias a su visor con triple zoom, se puede apuntar al punto de medición con gran precisión.

### **Mediciones rápidas y precisas**

A causa de la topografía del pueblo, el plano de medición no siempre estaba aplomado y nivelado. Por este motivo, las funciones trigonométricas del Leica DISTO™ no podían utilizarse ni mucho menos en todas las mediciones. En estos casos, el Leica Lino L2 demostró ser una ayuda perfecta. Para nosotros este instrumento resultaba verdaderamente irrenunciable. La práctica función de autonivelación del láser nos ahorra a los usuarios esta actividad tan pesada y que requiere tanto tiempo. El instrumento suministraba líneas precisas horizontales y verticales, que eran fotografiadas y ensambladas digitalmente. De este modo, podía generarse una cuadrícula en las fachadas de los edificios, que se necesitaría para la reconstrucción de los edificios como dibujos lineales.

Para documentar fotográficamente nuestros levantamientos, incluida la cuadrícula creada con el Leica Lino L2, y aumentar nuestra productividad, decidimos trabajar también por la noche. Los habitantes del pequeño pueblo nos observaban sorprendidos cuando realizábamos nuestro trabajo a oscuras. Pudimos constatar que era a oscuras cuando se daban las mejores condiciones para realizar nuestras mediciones. En ocasiones teníamos que ofrecer

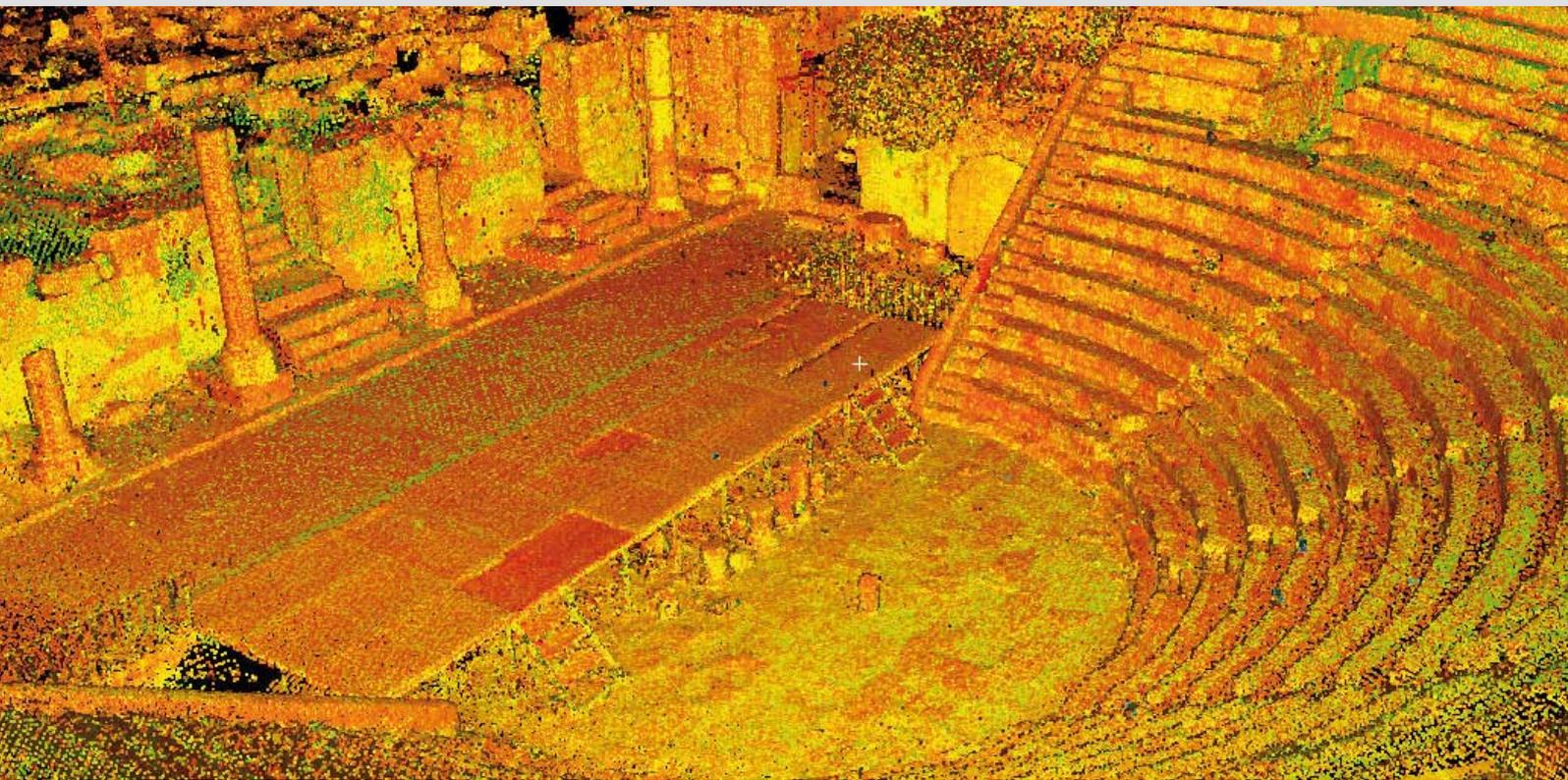
algunas explicaciones cuando los perplejos habitantes veían como la fachada de su casa era marcada con líneas rojas. Pero a la mañana siguiente, siempre se tranquilizaban al comprobar que las líneas rojas ya no estaban.

### **Mediciones en interiores en verano de 2008**

Gracias a la eficacia y la precisión de los equipos de medición de Leica Geosystems, a finales de verano de 2007, nuestro equipo de seis técnicos había logrado levantar y dibujar por completo treinta casas en Tschlin. La adquisición de datos continuó en verano de 2008. Otros estudiantes de la Universidad de Washington han empezado ahora a realizar mediciones adicionales en el interior de los edificios. El Leica Lino L2 también se ha demostrado muy efectivo en la determinación de líneas horizontales y verticales en las antiguas casas de la Engadina, donde apenas nada está plomado o nivelado. El Instituto para Arquitectura de la Universidad de Washington desea agradecer sinceramente a Leica Geosystems los equipos que han puesto a su disposición. Esperamos poder seguir trabajando con estos instrumentos en nuestro proyecto también durante los próximos años. ■

*Acerca del autor:*

*Daniel Stettler es arquitecto en Seattle. Es profesor en el Instituto de Arquitectura de la Universidad de Washington y dirige el estudio Tschlin.*



# Registro de un patrimonio de la humanidad

por Paul Burrows

**El CAP (Cyrene Archaeological Project) registra las ruinas de la ciudad greco-romana de Cyrene en la actual Libia, un proyecto conjunto del Oberlin College (EE.UU.), la Universidad de Birmingham (Gran Bretaña) y el Ministerio de la Antigüedad libio. El CAP debe registrar con métodos sistemáticos las construcciones excavadas y enterradas de esta obra patrimonio cultural de la humanidad de la UNESCO. Para ello se emplea una combinación de técnicas de medición basadas tanto en suelo como en aire, así como subterráneas, y se utilizan entre otros equipos una Leica ScanStation y un escáner Leica HDS6000.**

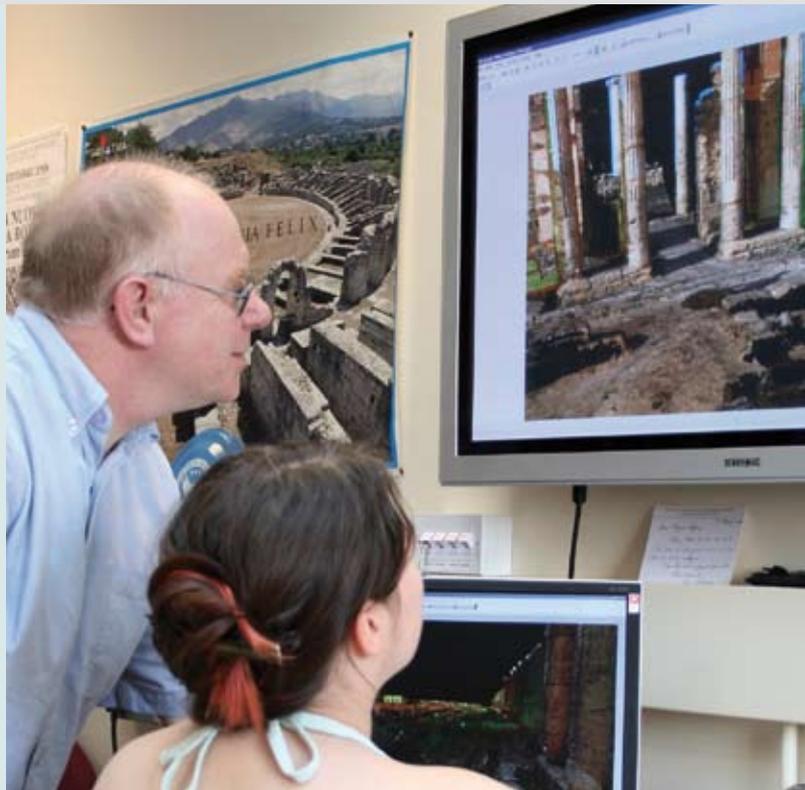
VISTA, el Visual and Spatial Technology Centre (centro tecnológico visual y espacial), es parte del Instituto de Arqueología y Antigüedad de la Universidad de

Birmingham. Aquí se registran, analizan, guardan y, finalmente, modelan datos 3D mediante la creación de entornos digitales, con fases que van del objeto al paisaje.

El Centro se fundó en 2003 y desde entonces ha mantenido relaciones con otras universidades e instituciones de todo el mundo. Sobre la base de estas conexiones globales, se han originado algunos proyectos de investigación de gran alcance, en los que equipos de expertos altamente cualificados utilizan las más novedosas tecnologías para la adquisición de datos. Y precisamente aquí entran en juego la tecnología High Definition Surveying™ de Leica Geosystems y las estaciones totales terrestres y GPS (TPS/GPS), gracias a las cuales VISTA ha logrado una precisión en la adquisición de datos que era inimaginable hasta hace pocos años. «Como historiadores, nuestro objetivo es registrar todos los tipos de datos

*«Como historiadores, nuestro objetivo es registrar todos los tipos de datos con la tecnología más novedosa e integrarlos en el mayor modelo de datos volumétrico y subterráneo jamás creado para objetivos arqueológicos.»*

Profesor Vince Gaffney, titular de la cátedra de arqueología de paisaje y geomática del VISTA.



con la tecnología más novedosa e integrarlos en el mayor modelo de datos volumétrico y subterráneo jamás creado para objetivos arqueológicos», explica el profesor Vince Gaffney, titular de la cátedra para arqueología de paisaje y geomática en VISTA.

### **VISTA y el proyecto Cyrene**

Como una de las organizaciones mejor equipadas de Europa, VISTA se erigió desde el principio como participante ideal en el proyecto Cyrene. Los datos se registraron desde el 17 al 28 de junio in situ. Para ello se utilizó un escáner Leica HDS6000 en combinación con una solución de cámara externa. Además, para la realización de las extensas mediciones geofísicas, se utilizó una matriz magnetométrica de Foerster, junto con una solución GPS diferencial Leica SR530.

La elección recayó en el Leica HDS6000, ya que este instrumento representa el nivel más avanzado en el ámbito de la tecnología de escáner basada en fases. «El equipo funciona también con temperaturas superiores a los 35°C, tan poco habituales para la época. Su bajo peso, la elevada duración de la batería y el maletín de transporte, que puede llevarse como una mochila, permiten una movilidad máxima», afirma la Dra. Helen Goodchild, la directora del área de geomática en este proyecto.

### **Creación de modelos 3D completos**

Con el Leica HDS6000 y la Leica ScanStation se pudieron realizar en dos semanas más de 120 escaneos y

recopilarse más de 150 GB de datos, lo que corresponde a varios miles de millones de puntos de medición. El registro se realizó mediante el Leica Cyclone Register y los datos se georeferenciaron utilizando los puntos de control de datos GPS adquiridos con la estación base Leica SR530 DGPS y una estación móvil.

Con los datos recopilados con el Leica HDS6000 se crearon modelos animados y de navegación libre, secciones 2D y láminas 2D. Se generaron modelos superficiales 3D completos que han aportado una documentación irremplazable sobre el área. Además, la información se integró en el juego de software GIS del VISTA, junto con los datos GPS, de magnetometría, de radares terrestres y de levantamiento ambiental con el fin de analizarlos en su contexto.

El Instituto de Arqueología de la Universidad de Birmingham utiliza desde hace años tecnologías de medición de Leica Geosystems. Por lo tanto, la incursión en el ámbito de la High Definition Surveying era un paso lógico. Sin el escáner Leica HDS6000 Scanner y la Leica ScanStation, el equipo del proyecto no hubiera podido registrar los datos de obras de la antigüedad con una precisión como la lograda y en un tiempo tan breve. ■

### *Sobre el autor:*

*Paul Burrows es ingeniero de proyectos para escaneado láser 3D High Definition en Leica Geosystems de Gran Bretaña.*

# Excavadoras en el río Brisbane

por Stefana Vella

**El agua limpia es un bien valioso, especialmente cuando no hay demasiada. Los estados orientales de Australia han vivido graves períodos de sequía en los últimos dos años. Para minimizar los efectos de éstos y de futuros períodos de sequía, el estado de Queensland aprobó el Western Corridor Recycled Water Project, la mayor instalación de tratamiento de agua de este tipo en el hemisferio sur.**

La empresa australiana Caldme, especializada en excavaciones de gran alcance y trabajos subacuáticos, está implicada en este proyecto como subcontratista. El encargo que asumió fue el de realizar la excavación para una tubería de desagüe de 60 metros de longitud con tres difusores en la instalación de tratamiento de agua Goodna, situada a una profundidad de hasta 14,5 metros en el río Brisbane. Un requisito

importante era la capacidad de operar con todas las condiciones de flujos y reflujos y el de aprovechar al máximo el tiempo de trabajo del que se disponía.

Para este complicado encargo, la empresa confió en un sistema GPS 3D de Leica Geosystems. Con un sistema Leica 2D MC300 DigSmart ya montado permanentemente en la excavadora Hyundai R290LC-7 LR Long-Reach de Caldme, la empresa sólo tuvo que alquilar para la duración del proyecto el sistema GPS 3D necesario a través del distribuidor de Leica Geosystems en la zona C.R. Kennedy. Los sistemas pueden integrarse con gran facilidad y se ocupan de que las inadecuadas condiciones de visibilidad no supongan un problema. Además también aceleran el trabajo considerablemente.

La excavadora se montó en una gabarra anclada al lecho del río. El sistema GPS ayudaba a mantener la gabarra en la posición correcta, lo que ahorraba un tiempo considerable y muy valioso. El objetivo principal de los trabajos era crear una base plana en el cauce del río y la instalación de los difusores en un sarcófago. El volumen de los trabajos también incluía la fabricación de una armadura de piedra y de un talud inclinado en el margen del río.

Pese a que la excavadora trabajaba a la máxima profundidad, el sistema GPS 3D de Leica permitió la terminación de los trabajos de construcción dentro de las tolerancias exigibles y en la mitad del tiempo previsto. Por más que los trabajos estuviesen clasificados como de máximo riesgo, éstos pudieron realizarse sin que se produjera el menor daño para personas o material. El sistema también simplificó el cumplimiento de las especificaciones de las autoridades medioambientales, de acuerdo a las cuales sólo podía excavar en un área de dimensiones muy reducidas. ■

*Sobre la autora:*

*Stefana Vella es Business Development Consultant y Marketing Manager en C.R.Kennedy, el socio comercial australiano de Leica Geosystems.*





■ Medición del histórico centro penitenciario Port Arthur, Tasmania, con instrumentos HDS y TPS

# La estandarización es rentable

por Alison Stieven-Taylor

**El proveedor de servicios australiano, Sinclair Knight Merz (SKM), conocido por sus innovadores productos y servicios en el ámbito de la información espacial, está abriendo una vez más nuevos horizontes: en el marco de un amplio contrato de suministro con C.R. Kennedy, el socio comercial de Leica Geosystems, SKM ha estandarizado sus equipos de medición en todo el país.**

En el marco de este ambicioso proyecto, se han sustituido todos los instrumentos de medición de la empre-

sa por equipos y firmware de Leica Geosystems. De este modo y gracias a la plataforma común de instrumentos, SKM logra un grado absolutamente nuevo en cuanto a compatibilidad y eficiencia. Leigh Finlay, Spatial Manager para Nueva Gales del Sur y Practice Leader en SKM para levantamiento, topografía y geodesia, explica: «La decisión de estandarizar nuestra gama de equipos en el ámbito de la prestación de servicios de medición se debía a dos argumentos principales: por una parte, el aspecto de la familiarización de los usuarios con los distintos productos que se utilizaban hasta ahora y, por otra, el hecho de que también teníamos que renovar y poner al día la flota de



equipos más antiguos.» SKM quería lograr en todo el país la máxima estandarización, con el fin de que tanto el personal como los instrumentos pudiesen operar con la misma eficacia en cualquier punto de Australia.

«Además, conjuntamente con un fabricante que nos suministraba equipos de medición competentes y rentables, podíamos desarrollar un plan de larga duración que se revisaría y actualizaría regularmente. Los beneficiarios de esta medidas son sobre todo nuestros clientes», explica Leigh Finlay. «Si como hasta ahora se utilizan equipos de diferentes proveedores y se emplea un equipo de colaboradores móvil, no siempre se puede garantizar que los técnicos y los instrumentos de medición utilizados se adapten adecuadamente. No nos podemos permitir el lujo de ir aprendiendo durante el trabajo». El tiempo que se necesita para familiarizarse con el equipo se traduce en costes operativos. Estamos seguros de que nuestros proyectos y nuestros clientes se beneficiarán de una mayor eficiencia gracias a la estandarización de los equipos. Creemos que trabajando con sólo una marca de equipos y sólo un fabricante se pueden simplificar los procesos, mejorar la colaboración entre las regiones y eliminar las limitaciones a

las que estábamos expuestos hasta ahora por el uso de productos de distintos proveedores.»

### **Tecnología, servicio y soporte**

Leigh Finlay admite que la decisión en función de las distintas preferencias por marcas en el interior de la empresa no fue una tarea fácil. «Era en parte como intentar vender un Ford a un entusiasta redomado de Opel. Siempre habrá personas que prefieran conducir un Opel antiguo a un Ford recién salido de fábrica». La decisión se tomó después de una minuciosa evaluación de los distintos proveedores, en la que tomaron parte representantes de SKM de todas las regiones y en cuyo marco no sólo se evaluaron los equipos, sino también otras prestaciones de servicio y el soporte prestado por cada uno de los proveedores. Leigh Finlay: «De este modo obteníamos tecnología líder en combinación con un extenso paquete de servicio y soporte en todo el país».

«Durante el pasado siglo, los desarrollos tecnológicos han modificado por completo nuestros procesos de trabajo. En mi opinión, Leica Geosystems ha aportado enormes innovaciones en el ámbito de la tecnología de medición. Por ejemplo, Leica



Geosystems fue el primer proveedor en desarrollar miras de códigos de barras, un concepto absolutamente innovador. La reciente introducción de la Leica SmartStation, que combina GPS/GNSS y TPS en un único instrumento, ha sido otro hito en el camino hacia el futuro; y la tecnología de escáner láser 3D de Leica Geosystems ha revolucionado el modo en que adquirimos los datos. Estábamos y estamos extremadamente satisfechos con los equipos de Leica Geosystems y en particular con el escáner láser 3D de Leica, gracias al cual hemos podido ampliar nuestra cartera de clientes. Gracias al trabajo con las tecnologías de Leica Geosystems podemos cumplir nuestros propios y estrictos estándares, lo que nos permite incluso superar las expectativas de nuestros clientes».

### Asistencia plena en todos los proyectos

Según Leigh Finlay, los esfuerzos de C.R. Kennedy respecto a servicio y soporte van mucho más allá de lo habitual. «Hasta ahora siempre hemos mantenido una excelente relación con todos nuestros proveedores, pero en este caso C.R. Kennedy nos propuso un paquete realmente extraordinario que cubría completamente todas nuestras necesidades.

Gracias a la oferta de suministro, formación y servicios de C.R. Kennedy tenemos la certidumbre de que siempre vamos a disfrutar de una asistencia plena en nuevos y complicados proyectos». El paquete de C.R. Kennedy incluye también un acuerdo de alquiler que Leigh Finlay, en un primer momento, no consideraba necesario. Sin embargo, como el libro de encargos está repleto, SKM recurre a menudo a la posibilidad de alquilar equipos adicionales para ampliar la oferta de equipos permanente.

«Las ventajas de la estandarización ya son visibles ahora mismo. Gracias a las prestaciones de servicios que C.R. Kennedy nos presta, así como al hecho de que todos nuestros empleados están familiarizados con todos nuestros equipos, podemos reaccionar con gran rapidez tan pronto como se solicitan nuestros servicios desde cualquier área comercial de SKM. Nos aporta una gran sensación de confianza saber que las expectativas depositadas en nosotros en cada proyecto van a poder cumplirse gracias a la combinación ideal de capacidades, equipos y experiencia práctica».

*Sobre la autora:*

*Alison Stieven-Taylor es periodista en Melbourne.*

## Volumen del contrato de suministro

- 28 sistemas GPS1200 GNSS
- 18 estaciones totales TCRP1200+
- 12 controladores RX1250 T
- 7 SmartStations
- 6 niveles digitales DNA
- 1 escáner láser 3D HDS6000 además del escáner HDS3000 ya disponible

[www.skmconsulting.com](http://www.skmconsulting.com)

[www.crkennedy.com.au/survey](http://www.crkennedy.com.au/survey)

- **Fotografía izquierda: levantamiento topográfico en el río Robinson, Northern Territory.**
- **Fotografía derecha: escaneo en la planta siderúrgica de Hobart, Tasmania, con la fábrica a pleno funcionamiento.**



# El City Tunnel Leipzig

por Michael Amrhein, Guido von Gösseln  
y Dieter Heinz

**Como una de las estaciones terminales más grandes de Europa, la estación principal de Leipzig es uno de los nudos ferroviarios más importantes en el sistema de transporte de cercanías y largos recorridos del centro de Alemania. Su construcción como estación terminal ofrece a los viajeros un acceso sencillo y unas conexiones adecuadas, pero al mismo tiempo exige cambios del sentido de la marcha muy complicados y una superficie mucho mayor que una estación de paso. Uno de los proyectos de construcción de túnel más complejos de Alemania debe erigirse como solución a este problema: el City Tunnel Leipzig.**

Durante la construcción de la estación de 1902 a 1915 ya se previó una posibilidad de conexión directa de la denominada «Estación bávara», a fin de enlazar el norte y el sur de la ciudad. Sin embargo, las dos guerras mundiales impidieron que el proyecto llegara a ser realidad. Con la fundación de la compañía S-Bahn Tunnel GmbH (SBTL) en el año 1996, se retomó el proyecto City Tunnel Leipzig y se realizaron los estudios previos acerca de su ejecución y financia-

ción. Finalmente, fue en el año 2003 cuando se dio el pistoletazo de salida a los trabajos de construcción.

El proyecto «City Tunnel Leipzig» se compone de tres partes: el tramo subterráneo al sur de la Estación Bávara (contrato A); el núcleo del proyecto (contrato B) con la construcción de los túneles de escudo (cada uno de aprox. 1.500m) y de las 4 estaciones; y la tercera parte (contrato C) incluye el tramo por debajo de la estación principal después del cual el túnel emerge y permite el enlace con el sistema de vías existente. La ejecución de un proyecto de este tipo plantea desafíos extremos a todos los ingenieros participantes, especialmente cuando, como en el caso del CTL, estos trabajos se realizan por debajo de una ciudad.

Todos los trabajos de levantamiento en los tres contratos serán realizados por la empresa Angermeier Ingenieure GmbH (en el contrato B en colaboración con Geodata ZT). Esta tarea también incluye la reubicación del pórtico en la Estación Bávara. El traslado de esta obra, protegida por la declaración de monumento histórico, fue necesario para la construcción de una de las cuatro estaciones y fue seguida muy atentamente por la población de Leipzig y los medios de comunicación.



Todos los trabajos técnicos están basados en programas de medición en los que las tareas geodésicas están perfectamente especificadas. La aprobación se produce por parte de un representante del propietario, la empresa DEGES (Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH). El volumen de los más de 20 programas de medición da una idea de las dimensiones del proyecto así como de su elevado nivel de exigencia.

### La red básica

Como punto de arranque de todas las mediciones se utilizó la red básica altamente precisa proporcionada por el cliente. Ésta se pudo compactar mediante dos mediciones de redes que se extendían en todos los contratos de trabajo con tres campañas de medición independientes cada una. Esto permitía el control de la tuneladora (TBM) y la realización de todas las mediciones de deformación y de ejecución de obra. Las mediciones de posición se realizaron con taquímetros del tipo Leica TCA2003 en combinación con prismas de precisión GPH1-P y con mediciones GPS (Leica GPS500, Leica GPS1200). La determinación de altura se realizó en 2 campañas con la utilización de niveles digitales (Leica DNA03) en combinación con miras para nivelación de precisión y el procedimiento

de medición RVVR. Los resultados de las mediciones de redes aportaban precisiones de aprox. 1–2 mm en la posición y de 0,5 mm en la altura.

Las tareas de medición en el City Tunnel Leipzig se dividían en dos gran áreas. Por un lado, se trataba de la medición de ejecución de obra y los controles vinculados a una ejecución según los planos. Por otro lado, estaba la realización de mediciones de movimiento y deformación (BDM), inherentes a un proyecto de esta envergadura.

### Minimización del riesgo

Para la reducción del riesgo al mínimo se desarrolló un amplio concepto de seguridad y auscultación, por medio del cual se supervisaban más de 60 edificios e instalaciones técnicas mediante mediciones taquimétricas y nivelación de precisión. Hasta la finalización del proyecto se habrán nivelado cerca de 8.000 km, en una longitud de aprox. 6 km. Para contrarrestar posibles asentamientos en edificios, se emplea el procedimiento de cimentación por compensación. Este proceso implica la perforación horizontal bajo los cimientos de los edificios de un total de 12 pozos. En estos orificios se introduce una suspensión de cemento destinada a estabilizar el suelo. En caso de



que se produzca un asiento, el edificio situado encima de ellos puede ser devuelto a su posición original insertando más cemento a modo de suspensión. Este sistema se aplica en un total de 35 edificios y se controla y supervisa por medio de más de 1.350 dispositivos de nivelación por presión. Estos sistemas de nivelación son montados y supervisados permanentemente por Angermeier Ingenieure GmbH. En situaciones críticas, proporcionan valores de medición a su sistema de evaluación central con una cadencia de 45 segundos. Hasta el final de proyecto, se habrá recopilado un volumen de datos superior a los 400 GB.

### Auscultación taquimétrica

Otra área altamente sensible en la construcción de las estaciones subterráneas era el ala oeste de la estación principal de Leipzig. Para el control de la obra se utilizó un sistema de auscultación taquimétrico compuesto por 12 taquímetros (Leica TCA2003). Cada hora, se realizaban mediciones, se procesaban y se evaluaban automáticamente. De este modo, se

podía disponer de estimaciones en cada momento sobre posibles deformaciones en la obra o en los elementos de soporte, como vigas, etc. El sistema abarca aprox. 200 puntos de deformación y 60 puntos fijos, todos ellos equipados con reflectores Leica GPH121. La elevada precisión y el funcionamiento totalmente automático se alcanza mediante la aplicación de más de 12 taquímetros de Leica Geosystems. La excelente concepción e implementación de este sistema se demuestra en que no interfiere en absoluto ni en el funcionamiento de la estación ni en la actividad de los viajeros. ■

*Sobre los autores:*

*Los autores Michael Amrhein (director), Guido von Gösseln y Dieter Heinz son empleados de Angermeier Ingenieure GmbH. Empresa especializada en ingeniería civil (túneles, vías), la concepción y la instalación de sistemas para controles en el sector de la ingeniería civil y en el asesoramiento geométrico de grandes proyectos de infraestructuras.*



## Elevado esfuerzo en pos de la seguridad

El City Tunnel Leipzig es uno de los proyectos de construcción de túneles más complejos de Alemania y que está enmarcado en el afán de modernización de las infraestructuras. Las exigencias puestas en los geodatos desde el punto de vista técnico y en lo que respecta a la responsabilidad en cuanto a daños personales y financieros son inmensas. Para los habitantes y visitantes de la ciudad, este elevado esfuerzo sólo es un pequeño precio a pagar por su seguridad.

■ La tuneladora poco antes de ponerse en funcionamiento.



# Una ciudad en movimiento

por Vicki Speed

**En Manhattan existe ahora una nueva clase de funcionario a su servicio. Esta nueva clase de servidor público trabaja 7 días a la semana y 24 horas al día para la protección y la seguridad de las personas en la ciudad de Nueva York, no exige nunca un aumento de sueldo y tampoco hace descansos. Se encarga de medir y controlar los movimientos de los edificios y la infraestructura que pueden producirse por las actividades continuas de construcción en la ciudad que nunca duerme.**

En los últimos cinco años, esta ciudad se ha convertido en uno de los mayores terrenos de obras del mundo, tanto subterráneas como en superficie. Por una parte, está el área bien visible de 65.000 m<sup>2</sup> del antiguo World Trade Center; al mismo tiempo, también se está ampliando la red de metro de la ciudad. En paralelo, constructores públicos y privados están construyendo un buen número de rascacielos, complejos comerciales y residenciales. Es inevitable que obras de estas magnitudes provoquen movimientos en los edificios colindantes. Estos movimientos han

de ser auscultados continuamente por ingenieros y topógrafos de la ciudad de Nueva York con el fin de evitar catástrofes. Los modernos instrumentos de auscultación basados en láser son la solución más fiable, económica y duradera para realizar estas tareas. Actualmente, en Nueva York hay más de 40 equipos de control automáticos para la auscultación de larga duración de estructuras. Éstos dan respuesta a las preguntas: «¿Se ha movido algo?» y en caso afirmativo, «¿cuánto y cuándo?».

## **En servicio las 24 horas**

En el marco del costoso proyecto de 490 millones de dólares estadounidenses (327 millones de euros) para la ampliación del sistema de metro de Nueva York, se va a ampliar la estación de metro South Ferry en el Bajo Manhattan. Tras su conclusión a principios de 2009, la terminal dispondrá de espacio para diez trenes de metro con hasta 10 vagones y de varias entradas y salidas con escaleras automáticas y ascensores. La Geocomp Corporation, líder en la auscultación en tiempo real de obras de arquitectura, recibió el encargo de supervisar las estructuras en superficie y bajo tierra en el entorno, entre las cuales se cuentan muchos edificios históricos.





■ Gerard Manley (Leica Geosystems) hablando con un ingeniero (Geocomp) sobre el proyecto World Trade Center.

La empresa instaló estaciones totales TCA1800 en varios puntos de la obra de la terminal de South Ferry. Allen Marr, el presidente de Geocomp, explica: «Utilizamos el reconocimiento automático de blanco (ATR) de los instrumentos para la medición de otras posiciones de blanco que se encuentran en las estructuras existentes. Estas mediciones tienen una precisión de 1 mm. Las estaciones totales de Leica Geosystems son auténticas «fieras en el trabajo», diseñadas para aportar la máxima fiabilidad y precisión incluso en las condiciones de entorno más difíciles. Algunos equipos trabajan en túneles donde están expuestos al polvo, la suciedad y la humedad generados por los trabajos de construcción».

Cada instrumento puede programarse para la búsqueda y la detección automática de los datos de 100 objetivos. En el proyecto South Ferry se utilizan un total de diez estaciones totales con cientos de objetivos. Los datos registrados son transmitidos en tiempo real a través de radio al software Leica GeoMoS en la oficina técnica de Geocomp. El software Leica GeoMoS se enlaza con el software iSiteCentral de Geocomp a través de una interfaz. Cuando un valor de medición supera un umbral definido, se envía automáticamente una advertencia por correo electrónico.

En el área del antiguo World Trade Center también se utilizan instrumentos Leica Geosystems. En este punto, Geocomp supervisa un túnel de metro que se encuentra en servicio, mientras al mismo tiempo se remueve

tierra por encima y por debajo de él para obtener más espacio para los cimientos de los nuevos rascacielos. Gerard Manley, Vice President of Engineered Solutions de Leica Geosystems: «Es una auténtica hazaña técnica ver este trayecto de metro neoyorquino, que era hasta hace poco subterráneo, y que ahora está a cielo abierto y sostenido únicamente por pilares. Nos encargamos de auscultar esta parte del metro, así como otros puntos del área del World Trade Center con el fin de detectar posibles descensos y asentamientos.»

### Desde el Upper East Side hasta Queens

También en el Upper East Side de Manhattan, conocido por sus exclusivas edificaciones y por su gran Central Park de 3,4 km<sup>2</sup>, están en marcha importantes trabajos arquitectónicos. Debajo de la 2<sup>nd</sup> Avenue se construye una nueva línea de metro que servirá para descargar las líneas de metro y bus existentes. Muchos de los edificios del entorno son auscultados por Wang Engineering. Para ello también se utilizan estaciones totales Leica TCA1800 y TCA2003. Los datos se registran directamente en la obra y, a continuación, se transmiten para su análisis y procesamiento a la sede principal de Wang en Princeton, Nueva Jersey.

En Queens, la empresa Tectonic Engineering and Surveying Consultants P.C. ha instalado un sistema de auscultación geodésico de funcionamiento automático. Éste mide los posibles movimientos de la vía del sistema de metro de la Metropolitan Transportation Authority (MTA), que pueden ser causados por la

construcción en la proximidad de un establecimiento comercial y un parking. Para la MTA es especialmente importante el control en la fase de cimentación: los golpes y las vibraciones podrían provocar un desplazamiento de las vías del metro y causar descarrilamientos.

El establecimiento comercial se encuentra a menos de 8 metros de distancia de las vías del MTA, de un puente y de una autopista. Tectonic auscultó durante 15 meses los movimientos del puente, de las paredes del túnel y de los muros de contención durante los trabajos de construcción de pilas de cimentación que se estaban realizando debajo. La red se componía de 32 prismas, una estación total Leica TCRP1201 con PowerSearch y función de medición de distancia sin reflector Pinpoint R300, así como de un ordenador portátil con software de auscultación Leica GeoMoS. El topógrafo jefe de Tectonic, Michael Lacey, explica: «La red estaba en funcionamiento las 24 horas sin necesidad de ningún tipo de intervención humana. Los valores y datos brutos podían solicitarse y gestionarse en cualquier momento a través de nuestro sitio FTP. Incluso cuando la señal de Internet fallaba, el software GeoMoS seguía registrando los datos de los prismas. El proceso de auscultación al completo era controlado a través del software GeoMoS instalado en el ordenador portátil»

### La Gran Manzana y más allá

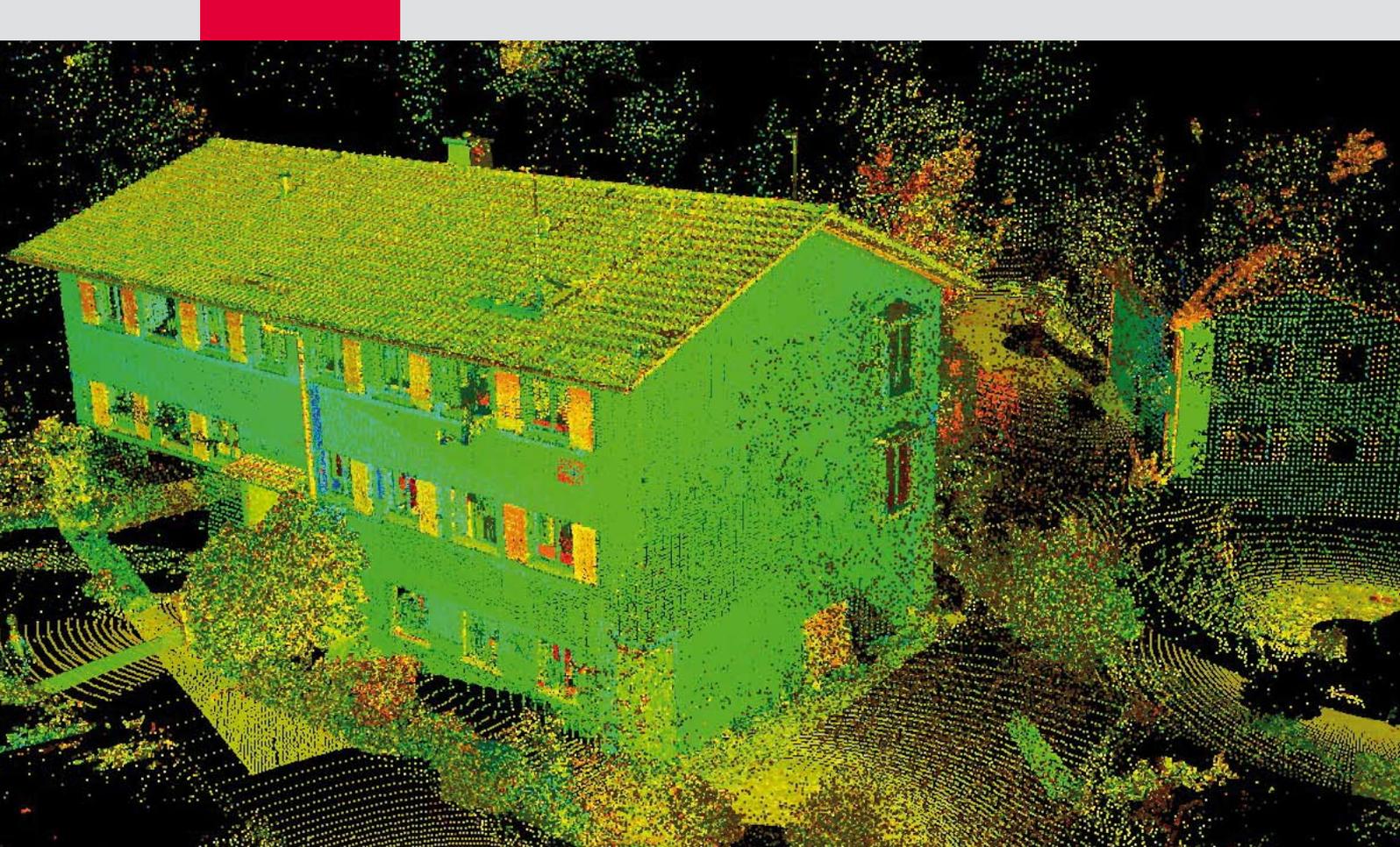
«Los datos de auscultación estructurales son la base mediante la cual los técnicos pueden determinar los movimientos de las obras, algo inevitable en muchos proyectos arquitectónicos de Nueva York y del resto del mundo», afirma Gerard Manley de Leica Geosystems. «En Nueva York disponemos actualmente de más de 40 estaciones totales automáticas en funcionamiento. Los topógrafos e ingenieros las utilizan para las más distintas aplicaciones, que van desde el análisis hasta la conciliación en caso de disputas legales. Mientras que esta tecnología antes era un lujo, hoy en día se ha convertido en un estándar absoluto. Hemos visto incluso como se paraban por completo algunas construcciones hasta que empezábamos a suministrar datos, lo que equivale a disponer de protección y seguridad.»

Mientras que la demanda de sistemas de auscultación estructurales aumenta continuamente, se desarrollan también en paralelo las condiciones tecnológicas, p. ej, en lo relacionado con la transferencia de datos inalámbrica, la creciente precisión, la velocidad y el volumen. La auscultación estructural es en este momento el método más fiable para garantizar la seguridad de una ciudad en movimiento. ■

*Sobre la autora:*

*Vicki Speed es periodista en en California, especializada en temas de arquitectura, construcción y topografía.*





# Metrología 3D para la rehabilitación

por Reinhard Gottwald y Thomas Knabl

En estos tiempos de escasez y aumento en los precios de las fuentes de energía, se está prestando una gran atención al máximo aprovechamiento del potencial de ahorro energético. El proyecto CCEM-Retrofit intenta precisamente esto en el sector inmobiliario al que se atribuye un enorme potencial de ahorro energético. Un enfoque para maximizar el potencial de ahorro es revestir los edificios antiguos con elementos prefabricados. Para ello es indispensable la adquisición y provisión precisas y fiables de los

datos de planificación 3D. Aquí es donde entra en juego la geomática, haciendo una importante contribución al futuro ahorro de energía en el sector inmobiliario.

A mediados de 2006 se aprobó en el «Competence Center Energy and Mobility» (CCEM) de la Escuela Politécnica Federal suiza (ETH) de Zúrich un gran proyecto conjunto para la rehabilitación avanzada y energéticamente eficiente de edificios antiguos; en el proyecto participarían socios de investigación de 10 países europeos. El título: «Advanced Energy-Efficient Renovation of Buildings» (abreviado «CCEM-

Retrofit»). Hasta 2050, más del 90 por ciento de la demanda energética en Suiza asociada a edificios provendrá de edificaciones realizadas antes del año 2000. Esto demuestra que en el ámbito de los edificios antiguos existe un enorme potencial de ahorro energético. El objetivo principal es que las empresas implicadas en los proyectos trabajen conjuntamente en un amplio concepto de rehabilitación. Para alcanzar los objetivos fijados (entre otros 30–50kWh/m<sup>2</sup> para calefacción, refrigeración y agua caliente, aprovechamiento de la energía solar, buen confort térmico, protección contra el ruido) se ha desarrollado un concepto de renovación básico con una serie de módulos de saneamiento adaptados entre sí (Retrofits) para fachada, techo e ingeniería de construcción.

Para desarrollar el concepto detallado y su implementación en objetos seleccionados se han unido distintos socios de investigación, entre ellos la Escuela Técnica Superior del Noroeste de Suiza y la ETH de Zúrich. La consecución del proyecto multidisciplinar orientado a la práctica y la implementación está garantizada mediante empleados de 20 socios industriales. El proyecto con un coste total de aprox. 5 millones de francos suizos (3,1 millones de euros) concluirá en 2010.

### El punto de vista de la metrología

Si analizamos actualmente los procesos de la metrología en grandes proyectos de construcción y saneamiento, constatamos normalmente que todos los participantes en el proyecto realizan por sí mismos o encargan la toma de las medidas necesarias para su parte específica del proyecto. La razón para ello es la actual situación legal, por la que las instituciones de planificación no asumen ninguna garantía por la acotación de la planificación básica y derivan la responsabilidad hacia las instituciones que ejecutan el trabajo. Por otra parte, todavía existe un desconocimiento fundamental sobre las posibilidades actuales de una adquisición tridimensional precisa de tales objetos con tecnología de medición moderna, así como de la gestión central de datos y aprovechamiento de los mismos.

Gracias a la aplicación consistente de la metrología 3D apropiada, la preparación de datos correspondiente y una gestión de datos geométricos central pueden reducirse claramente el tiempo, el riesgo del montaje y los costes, mientras que a la vez se aumenta significativamente la seguridad de planifi-

cación. En consecuencia, se propuso e implementó esto también para la adquisición y el aprovechamiento de información de geometría 3D de objetos de saneamiento destinados a la rehabilitación energéticamente eficaz de edificios antiguos en el proyecto CCEM-Retrofit.

Para el proyecto parcial «Metrología 3D» se definieron entre otros los siguientes objetivos:

- Desarrollo de un plan que garantice que los datos geométricos de un objeto de saneamiento estén disponibles con la suficiente precisión tridimensional y que sirvan como base en todas las fases del proyecto.
- Definición de la calidad de datos exigida, del volumen de datos y de las interfaces para una transferencia de datos a sistemas que seguirán procesando los datos.
- Elaboración de una «caja de herramientas» para la adquisición y preparación de datos optimizadas por costes/beneficios, así como para la gestión de datos (flujo de datos geométricos).

### Descripción del problema

El saneamiento de edificios el registro fiable de la geometría de los mismos es un trabajo previo fundamental. Los planos disponibles suelen ser por lo general inadecuados. Esto significa que han de medirse la estructura de la fachada, las ventanas, las puertas, los balcones, el techo, la caja de la escalera, las viviendas y el entorno. La precisión necesaria ( $1\sigma$ ) en la zona de las ventanas es de  $\pm 4$  mm, en el techo y la fachada es de  $\pm 7$  mm.

### La caja de herramientas de metrología

Para cumplir de forma rentable las relativamente complejas y variadas exigencias en cuanto a geometrización 3D de un objeto de saneamiento, debe utilizarse toda una gama de distintos sensores.

■ **Escaneado láser terrestre (TLS):** con el TLS, la geometría del objeto puede medirse rápidamente gracias a su capacidad para capturar áreas y objetos completos. La problemática asociada al TLS radica en el procesamiento posterior de los datos y en la extracción del objeto.

■ **Fotogrametría de corto alcance:** la fotogrametría de corto alcance es un buen complemento al escaneado láser terrestre y ofrece, gracias a la adquisición fotográfica rápida, una excelente alternativa para las tomas exteriores de edificios. También son posibles otras perspectivas de tomas adicionales a





las terrestres, como las tomas fotográficas aéreas desde microdrones.

■ **Taquimetría, distancias individuales:** para la adquisición orientada a puntos individuales, la taquimetría electrónica clásica sigue siendo una excelente opción. En este caso, el registro puede complementarse, simplificarse y acelerarse con la ayuda de útiles herramientas de software. Los distanciómetros manuales también pueden utilizarse para complementar las tomas de datos con las tecnologías arriba indicadas, para la generación de medidas de control, para complementaciones individuales o mediciones de partes de objetos parcialmente cubiertas.

Una captura de objeto cuya optimización costes-beneficios sea completa se puede efectuar exclusivamente mediante una combinación adecuada de estas tecnologías (caja de herramientas de metrología).

### Primeras experiencias

Como primer objeto para los estudios básicos y ensayos se eligió un edificio multifamiliar típico que necesitaba saneamiento. El edificio se utilizó para ensayar distintos métodos, procedimientos e instrumentos y su combinación práctica. Los primeros resultados se utilizaron después para la discusión y especificación detallada, así como para el ensayo de secuencias de proceso con los socios de proyecto implicados. Mediante TLS se registró la fachada, la caja de la escalera, el desván y los espacios interiores

seleccionados (se utilizó un Leica HDS3000). Estos escaneados se complementaron con capturas fotogramétricas (terrestres, microdrones) y mediciones de puntos aislados (taquímetro).

A continuación, se describen posibilidades y aplicaciones disponibles con la caja de herramientas.

■ **Generación de fotoplanos:** la rectificación de las imágenes mediante la especificación de una superficie plana en la imagen puede ser un procedimiento sencillo y rápido para la generación de planos básicos. Las precisiones logradas de este modo dependen en gran medida de la cámara, de su calibración, y de la divergencia de la superficie de la fachada respecto a la superficie definida.

■ **Evaluación fotogramétrica:** la fotogrametría de corto alcance asistida por drones ofrece un modo adicional de cubrir lagunas (p. ej. superficies de tejados, repisas de ventanas y puertas que dan al balcón), que pueden originarse por sombreados o por áreas no accesibles al escaneado láser. Los primeros resultados han demostrado que este tipo de combinación es factible. Debido a la limitada capacidad de carga de los microdrones, debía utilizarse una cámara digital compacta habitual; en consecuencia, la resolución para evaluaciones detalladas (p. ej. en ventanas) aún no es suficiente. En cuanto a la precisión de medición de imágenes, pueden lograrse valores inferiores a un píxel mediante la calibración automática. Tampoco

*«Los puntos centrales de la geomática radican entre otras cosas en el procedimiento de medición absoluto y no invasivo. La colaboración interdisciplinar con planificadores y arquitectos puede ayudar a solucionar la problemática del conocimiento básico que todavía falta en parte.»*

Profesor Dr. Reinhard Gottwald, director del Instituto de topografía y Geoinformación en la Escuela Técnica Superior del Noroeste de Suiza



debe ignorarse una evaluación combinada con datos de escaneado láser.

■ **Evaluación de escaneado láser:** las evaluaciones han mostrado que el escaneado láser terrestre puede ser muy adecuado para el análisis de planeidad en fachadas (o techos). La «generación de ortofotografías» permite crear los fundamentos de la planificación de forma rápida y sencilla. La tarea para la extracción completa de todos los elementos geométricos necesarios de un modelo es muy considerable y requiere en función del producto una gran parte del tiempo necesario para los registros de campo.

■ **Escaneado láser – Ingeniería inversa:** la ingeniería inversa se aplica desde hace mucho tiempo en el ámbito de la construcción de maquinaria, de la medicina e incluso del arte. En el proceso, se digitalizan objetos existentes o creados manualmente (p. ej. superficies de forma libre), con el fin de poder procesarlos digitalmente, adaptarlos y fabricarlos. El esfuerzo requerido es significativamente menor que en la geometrización 3D interactiva, y la densidad de información de las nubes de puntos puede conservarse por mucho tiempo. La precisión alcanzable se sitúa en la magnitud de determinación de puntos 3D y, por tanto, sería suficiente.

### **Resumen y perspectiva**

Ya en la fase de planificación deben definirse lo más detalladamente posible los requisitos de todas las partes implicadas en el proyecto en relación a la

adquisición de la geometría 3D del objeto de saneamiento con el fin de poder realizar una adquisición y preparación de datos optimizando los costes. Las primeras experiencias han mostrado que el procedimiento de registro basado en el objeto del TLS es apropiado para la geometrización de objetos de saneamiento. Interesante es sobretodo la densidad de información, lo que permite describir un objeto «no regular», como suelen ser los edificios, de forma detallada y con la precisión necesaria. Finalmente, siempre será necesario utilizar una combinación de instrumentos de la caja de herramientas.

Debe garantizarse tanto el acceso a los datos por parte de todos los implicados en el proyecto, como la extracción de los mismos con herramientas de fácil manejo. Se trata del elemento clave para el éxito o el fracaso del proyecto presentado. ■

*Sobre los autores:*

*El Dr Reinhard Gottwald dirige el Instituto de topografía y geoinformación en la Escuela Técnica Superior del Noroeste de Suiza, Escuela Superior de Arquitectura, Construcción y Geomática en Muttenz. El ing. (FH) Thomas Knabl es científico en esta institución.*

*Este artículo es el resumen de un artículo de la revista «Flächenmanagement und Bodenordnung».*



# Un túnel en el fondo del mar

por Frode Edvardsen, grafismo 3D: Arild W. Solerød

**Con el proyecto E18 Bjørvika se descongestionará de tráfico el área que rodea a la ópera de Oslo, cerca del puerto de Bjørvika-Hafen, y se mejorará el entorno. Durante el proyecto, que concluirá en febrero de 2010, se construirá por primera vez en Noruega un túnel en el fondo del mar. Este túnel se compone de seis elementos de 100m de longitud. Su forma es un verdadero desafío para los ingenieros, puesto que cada elemento está curvado. Algunos de los elementos se fabricaron sobre una superficie plana en el dique seco, pero tendrán que instalarse en el lugar que les corresponde en el fondo del mar y en una posición inclinada. Un caso claro para la tecnología High Definition Surveying™ de Leica Geosystems, explica Frode Edvardsen de Skanska Norwegen, la empresa a la que se han encargado los trabajos.**

El túnel Bjørvika contará con una longitud de 1.100m y tendrá un ancho de seis carriles de circulación. De estos 1.100m, 675m transcurren en el fondo del mar, una novedad absoluta de Noruega. Se trata nada menos que de uno de los mayores proyectos

de construcción jamás realizado en Noruega. Las paredes de los seis elementos de más de 100m de longitud tienen 1m de grosor mientras que el del techo y el suelo es de 1,20m. Los elementos fueron construidos en el dique seco de la costa occidental noruega y, después, fueron trasladados por vía marítima hasta Oslo.

## **Documentación según ejecución de los elementos**

Para satisfacer el deseo de nuestros clientes de disponer de una documentación según ejecución, hemos documentado los primeros dos elementos con una estación total convencional. Esta tarea nos exigió mucho tiempo y además la resolución no era como la de un escáner moderno. Sólo las superficies horizontales se escanearon con la estación total, mientras que las superficies verticales se midieron como líneas de puntos individuales.

Para los siguientes dos elementos, empleamos la tecnología HDS (High Definition Surveying™) de Leica Geosystems, ya que permitía realizar mediciones según ejecución con un escáner láser de forma mucho más sencilla que con una estación total. Fue en ese momento (2006) cuando comenzamos a

usar la tecnología HDS. Escaneamos por completo los dos elementos por dentro y por fuera. En sólo unos pocos días pudieron finalizarse 35 posiciones con elevada resolución con ayuda de un Leica HDS3000. A causa de los cimientos para las paredes del tanque de lastre, el trabajo con el pesado equipamiento de escáner no fue en absoluto sencillo. Estas paredes tenían medio metro de altura y debíamos pasar todo el equipamiento por encima de cada una, entre 60 y 70kg de peso, desde cada posición de escaneo a la siguiente.

En los dos últimos elementos, el procedimiento fue similar, sólo que empezamos con un escáner Leica HDS3000, para después finalizar con la Leica ScanStation 2. Lars Gulbrandsen, ingeniero de ventas HDS en Leica Geosystems Noruega, condujo él mismo los 540km que van de Oslo a Bergen para entregar personalmente la primera ScanStation 2 de Noruega. El trabajo con la Leica ScanStation 2 era como trabajar con un «retocado» Leica HDS3000: todo iba mucho más rápido. En lugar de siete u ocho, con la ScanStation 2 lográbamos ahora de once a doce posiciones de escaneo distintas por día.

Pese a que utilizábamos principalmente la Leica ScanStation 2 para trabajar, también se empleaban métodos de medición normales. El motivo eran los estrechos contactos visuales respecto a los puntos fijos dentro de los elementos. Puesto que un punto individual no puede determinarse de modo tan exacto con el escáner, se empleó una estación total para poder medir las líneas de ruptura dentro de los elementos. Con estas líneas predefinidas, la inter-

conexión en la fase de postprocesamiento era más sencilla.

### Postprocesamiento

La diferencia entre los métodos de metrología tradicional y el moderno escaneado láser está en que antes del proceso de escaneado el entorno debe «organizarse» físicamente, ya que durante el escaneado se registrará todo el entorno. Cuanto «más ordenado» esté, menos «datos desechables» habrá que eliminar detrás de las nubes de puntos. No obstante, esto resulta difícil en las obras, donde hay cantidades de material, andamiaje, equipos elevadores y máquinas en general. Otro desafío para el postprocesamiento es la superficie de hormigón: ya que ésta es irregular, a veces es difícil decidir, qué puntos deben eliminarse y cuales no. Todos estos aspectos han de tenerse en cuenta en el procesamiento bruto de las nubes de puntos.

El resto del trabajo después de la medición se realiza con las herramientas de mecanizado semiautomáticas de Leica Cyclone como «Region grow – Smooth surface» para la eliminación manual de puntos no deseados y por supuesto la muy práctica «Limit box». Para todos los puntos redundantes, se crean planos especiales, en lugar de borrarlos. De este modo se obtiene, por así decirlo, una segunda oportunidad a la hora de recuperar puntos que no se deberían haber borrado anteriormente. ■

*Acerca del autor:*

*Frode Edvardsen es ingeniero topógrafo en Skanska Norwegen.*

## El túnel Bjørvika

**Longitud:** 675 m

**Ancho:** 30–40 m

**Profundidad media:** 15 m

**Peso:** 37.000 toneladas por elemento

**Hormigón:** en total 90.000m<sup>3</sup>

### Equipamiento utilizado:

Escáner: Leica HDS3000, Leica ScanStation 2

Ordenador portátil: Panasonic Toughbook CF-19

Software: Leica Cyclone Scan / Register / Model

Estación total: Leica TCRP1203





# Formación y servicio en Guatemala

por Agnes Zeiner

**Con la firma del tratado de paz, el 29 de diciembre de 1996 finalizó la guerra civil que había asolado Guatemala durante 36 años. Los acuerdos específicos del tratado incluían también la creación de un registro con base catastral. El «Guatemala Cadastre Project» se basa en productos de Leica Geosystems y en el soporte activo del socio de distribución guatemalteco Precision S.A.**

La esperanza de paz unió estrechamente a la población guatemalteca y permitió al gobierno emprender reformas importantes en el sector financiero, en las instituciones y en la legislación, que debían fomentar el plan de desarrollo establecido. El «Guatemala Cadastre Project» se financia a partes iguales por el gobierno suizo y el guatemalteco, y ha contribuido decididamente a la creación de proyectos de reforma del país.

Después de la adquisición de estaciones totales y equipos GPS de Leica Geosystems en el año 2002 (véase Reporter 48), el National Geographic Institute (IGN) y el Registro de Información Catastral (RIC) recurren nuevamente a los instrumentos de Leica Geosystems. Alfredo Bran, CEO de Precision S.A.,

el socio comercial de Leica Geosystems en Guatemala: «En el proyecto se emplean los más diferentes grupos de instrumentos de Leica Geosystems, como estaciones totales, equipos GPS/GNSS, niveles y soluciones fotogramétricas. Ahora el gobierno nos ha adjudicado el encargo de 14 estaciones de referencia GNSS de Leica que cubrirán todo el territorio nacional y que conducirán a Guatemala hacia el futuro de la geoinformación».

El proyecto incluye también la preparación de cursos de formación para los próximos dos años. Los técnicos del Registro de Información Catastral y del National Geographic Institute han sido instruidos y lo seguirán siendo durante los próximos años por Leica Geosystems y la empresa BSF Swissphoto. Se trata de una parte esencial del proyecto. Otro motivo para el éxito es que Precision S.A. puede garantizar el soporte activo, incluyendo su centro de servicio post-venta certificado con herramientas especiales y piezas de recambio. Alfredo Bran: «Nuestros clientes no tienen que asumir largos períodos de espera si nos dejan sus instrumentos para revisión o reparación. Esto es lo que nos ha convertido en líderes de mercado en Guatemala durante los últimos 40 años.» ■

# Levantamiento topográfico en Japón

Durante los años 2005 a 2007 se realizó en Japón un amplio proyecto de levantamiento topográfico durante el cual se registró desde el aire una cuarta parte del país (100.000 km<sup>2</sup>) con ayuda de escáneres láser. Asia Air Survey fue la responsable del levantamiento topográfico de una quinta parte de esta superficie. Para realizar este encargo de la forma más eficaz posible, la compañía se decidió por utilizar por primera vez la tecnología de Leica Geosystems y además por emplear por primera vez en Japón el escáner láser Leica ALS50-II.

Entre el terreno escaneado se contaba el dique Sameura en Kochi, uno de los diques más importantes de Japón, y su entorno. Se obtuvo este impresionante mapa de imagen en relieve rojo (Red Relief Image Map – RRIM) utilizando una tecnología de visualización desarrollada y patentada por Asia Air Survey. Los terrenos como las cordilleras y los valles se representan con gran claridad a pesar de que el lago está rodeado de bosques.

La imagen muestra muy claramente las ventajas de esta nueva tecnología:

- El terreno es representado en 3D.
- La imagen no depende de la fuente de luz que podría crear sombras. Por tanto, las imágenes pueden observarse desde todos los lados sin el peligro de una inversión del relieve.

- Las cumbres se representan en blanco, los valles en negro. La intensidad de la coloración roja depende de la elevación. Las inclinaciones menos pronunciadas son rojo claro, las más rojo oscuro.
- Se ha elegido el rojo, porque es el color más claro desde un punto de vista ergonómico.

En Japón, la adquisición de datos aéreos se aplica principalmente en la prevención de catástrofes. ■



## Precisión de 5 cm para la agricultura

El Leica mojoRTK revoluciona la agricultura con una solución de autoguiado que permite precisiones RTK de 5 cm. La consola de fácil uso se monta en tan sólo una hora en el compartimento de la radio del tractor. «El desorden de equipos y cables ya son historia. Leica mojoRTK es una auténtica solución «plug-and-play», que puede instalarse con total sencillez», afirma Mario Hutter, Business Manager Europa para la Agriculture Division de Leica Geosystems. «El sistema mojoRTK completo también incluye una estación base inalámbrica que puede utilizarse de modo fijo o móvil».

Y mediante Virtual Wrench™, la primera herramienta de servicio remoto y diagnóstico para el sector agrícola, el ingeniero de soporte ve la misma pantalla y

los mismos ajustes que el agricultor ve en su equipo de la cabina, de este modo pueden solucionarse «de modo remoto» los problemas de ajuste. ■



[www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com)

**Central**

Leica Geosystems AG  
Heerbrugg, Suiza  
Tel. +41 71 727 31 31  
Fax +41 71 727 46 74

**Australia**

CR Kennedy & Company Pty Ltd.  
Melbourne  
Tel. +61 3 9823 1555  
Fax +61 3 9827 7216

**Bélgica**

Leica Geosystems NV/SA  
Diegem  
Tel. +32 2 2090700  
Fax +32 2 2090701

**China VR**

Leica Geosystems AG,  
Representative Office Beijing  
Tel. +86 10 8525 1838  
Fax +86 10 8525 1836

**Dinamarca**

Leica Geosystems A/S  
Herlev  
Tel. +45 44 54 02 02  
Fax +45 44 45 02 22

**Alemania**

Leica Geosystems GmbH Vertrieb  
München  
Tel. +49 89 14 98 10 0  
Fax +49 89 14 98 10 33

**Francia**

Leica Geosystems Sarl  
Le Pecq Cedex  
Tel. +33 1 30 09 17 00  
Fax +33 1 30 09 17 01

**Reino Unido**

Leica Geosystems Ltd  
Milton Keynes  
Tel. +44 1908 256 500  
Fax +44 1908 246 259

**India**

Leica Geosystems Geospatial  
Imaging India Pvt. Ltd.  
Gurgaon  
Tel. +91 124 4633000  
Fax +91 124 4287475

**Italia**

Leica Geosystems S.p.A.  
Cornegliano Laudense  
Tel. +39 0371 69731  
Fax +39 0371 697333

**Japón**

Leica Geosystems K.K.  
Tokio  
Tel. +81 3 5940 3011  
Fax +81 3 5940 3012

**Canadá**

Leica Geosystems Ltd.  
Willowdale  
Tel. +1 416 497 2460  
Fax +1 416 497 8516

**Corea**

Leica Geosystems Corea  
Seúl  
Tel. +82 2 598 1919  
Fax +82 2 598 9686

**México**

Leica Geosystems S.A. de C.V.  
México D.F.  
Tel. +525 563 5011  
Fax +525 611 3243

**Holanda**

Leica Geosystems B.V.  
Weteringen  
Tel. +31 88 001 80 00  
Fax +31 88 001 80 88

**Noruega**

Leica Geosystems AS  
Oslo  
Tel. +47 22 88 60 80  
Fax +47 22 88 60 81

**Austria**

Leica Geosystems Austria GmbH  
Viena  
Tel. +43 1 981 22 0  
Fax +43 1 981 22 50

**Polonia**

Leica Geosystems Sp. z o.o.  
Varsovia  
Tel. +48 22 33815 00  
Fax +48 22 338 15 22

**Portugal**

Leica Geosystems, Lda.  
Sao Domingos de Rana  
Teléfono +351 214 480 930  
Fax +351 214 480 931

**Rusia**

Leica Geosystems OOO  
Moscú  
Tel. +7 95 234 5560  
Fax +7 95 234 2536

**Suecia**

Leica Geosystems AB  
Sollentuna  
Tel. +46 8 625 30 00  
Fax +46 8 625 30 10

**Suiza**

Leica Geosystems AG  
Glattbrugg  
Tel. +41 44 809 3311  
Fax +41 44 810 7937

**Singapur**

DKSH Technology Pte Ltd.  
Singapur  
Tel. +65 6479 1848  
Fax +65 6273 1503

**España**

Leica Geosystems, S.L.  
Barcelona  
Tel. +34 934 949 440  
Fax +34 934 949 442

**Sudáfrica**

Geosystems Africa Pty Ltd.  
Midrand  
Tel. +27 11 206 8600  
Fax +27 11 206 8605

**Hungría**

Leica Geosystems Hungary Kft.  
Budapest  
Tel. +36 1 814 3420  
Fax +36 1 814 3423

**EE. UU.**

Leica Geosystems Inc.  
Norcross  
Tel. +1 770 326 9500  
Fax +1 770 447 0710

Las ilustraciones, descripciones y datos técnicos no son vinculantes. Reservados todos los derechos. Impreso en Suiza.  
Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suiza, 2008. 741801es – XII.08 – RVA

**Leica Geosystems AG**  
Heinrich-Wild-Straße  
CH-9435 Heerbrugg  
Tel. +41 71 727 31 31  
Fax +41 71 727 46 74  
[www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com)

- when it has to be **right**

**Leica**  
Geosystems