

Reporter 61

La revista de Leica Geosystems



- when it has to be **right**

Leica
Geosystems



Editorial

Estimadas/os lectoras/es:

Una desafiante primera mitad del año 2009 ya ha quedado atrás. Como muchos otros sectores industriales, el campo de la metrología también ha resultado afectado por la crisis económica mundial. No obstante, la crisis también nos ha demostrado que Leica Geosystems ha tomado el camino correcto al confiar en los puntos fuertes que venimos cuidando desde hace décadas y que destacamos en nuestro retrato empresarial: «Leica Geosystems es, con casi 200 años de experiencia, el pionero en el desarrollo y la producción de instrumentos de medición».

También en época de crisis damos prioridad ante todo al poder innovador de nuestro equipo de desarrollo, desde la investigación fundamental hasta el desarrollo de productos. Y una vez más se demuestra que este camino es el correcto: Leica Geosystems es una empresa sana y una potente marca en la que nuestros clientes confían. En la Intergeo que se celebró en Karlsruhe del 22 al 24 de septiembre les hemos presentado nuestros más recientes desarrollos – nuestro nuevo buque insignia, la estación total de alta precisión Leica TS30; la solución de sistema Leica Viva; la Leica ScanStation C10, la nueva generación del escáner láser 3D; y los nuevos modelos en el ámbito del distanciómetro láser manual.

En esta edición del Reporter hemos vuelto a recopilar sugestivos proyectos de clientes de muchas partes del mundo: de Ucrania, Francia, Alemania, China y los EE.UU. Muestran el amplio espectro de productos y soluciones Leica Geosystems y ponen de manifiesto la gran variedad de aplicaciones que nuestros clientes les dan. Para nosotros no deja de ser una nueva y excitante experiencia.

Que disfrute de la lectura.

Ola Rollén
CEO Leica Geosystems

ÍNDICE

- 03 El Monasterio de las Cuevas en 3D
- 06 600 litros de rojo y un sistema GNSS
- 08 El mundo subterráneo de la Isla de Pascua
- 11 Un estadio para Leica TPS1200
- 14 Iowa DOT: una inversión de futuro
- 16 Auscultación GNSS en tiempo real
- 18 Escaneo de avance con Leica HDS6000
- 21 Ciento una horas
- 24 Velocidad olímpica
- 26 Automatización para mayor eficiencia

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, 9435 Heerbrugg, Suiza, Tel: +41 71 727 34 08, reporter@leica-geosystems.com

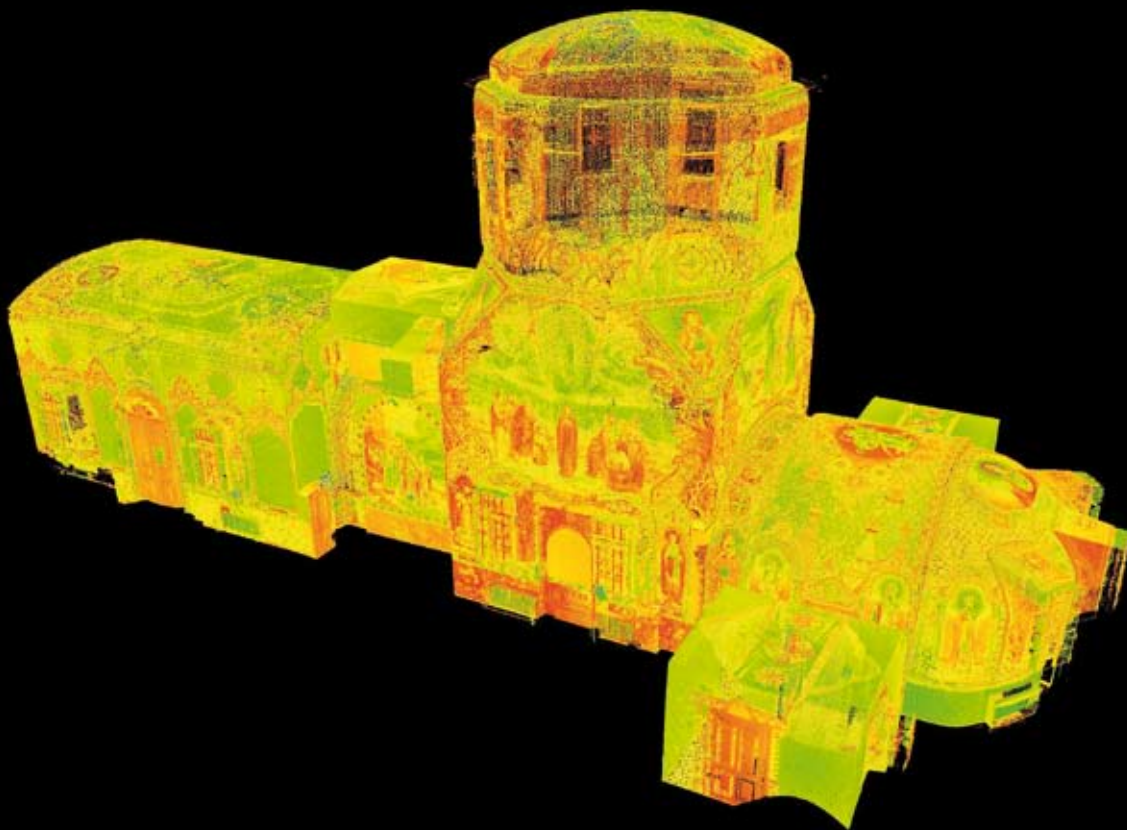
Responsable del contenido: Alessandra Doëll (Directora de Comunicación)

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 2009. Impreso en Suiza



■ Nube de puntos del monasterio Petscherska Lavra en Kiev.

El Monasterio de las Cuevas en 3D

por Valentyn Kovtun y Yuriy Serebrianny

El complejo monástico Petscherska Lavra, también conocido como el monasterio de las Cuevas de Kiev, es único en el mundo. Se compone de un complejo de edificios religiosos erigidos en superficie y de una parte subterránea formada por cuevas. Actualmente, se están empleando una Leica ScanStation 2 y estaciones totales para documentar este patrimonio cultural de la humanidad de la UNESCO.

Las cuevas del Petscherska Lavra forman un sistema de pasadizos subterráneos que se subdividen en cuevas cercanas, cuevas lejanas y cuevas Váregas. La primera mención documentada del monasterio data del año 1051. Al principio, en las cuevas vivían los monjes, después se utilizaron para enterrar a los difuntos del monasterio y también para depositar reliquias santas.

La iniciativa para la confección de un modelo tridimensional de las cuevas surgió de los monjes que viven en el monasterio. «Nuestro objetivo es llamar la atención sobre el problema de preservar las cuevas del Lavra para futuras generaciones. Las cuevas se encuentran actualmente en un estado alarmante y se hace necesaria una ayuda inmediata», afirma el arzobispo Pavel, el Superior del Petscherska Lavra.

Medición láser con la Leica ScanStation 2

En noviembre y diciembre de 2008 se realizó por parte de la empresa Ukrgeodezmark en colaboración con Doka Ltd., el representante oficial de Leica Geosystems AG en Ucrania, un escaneo láser de la Iglesia de la Concepción de Santa Ana en las «cuevas lejanas» del Petscherska Lavra. Estos trabajos se realizaron en el marco de un proyecto para el registro y visualización de los espacios interiores de las cuevas con tecnología de escaneo láser. Las especificaciones fueron elaboradas por dos especialistas de Ukrgeodezmark, Sergey Marchuk y Maksim Mikhailov, y los escaneos láser se realizaron con la





Leica ScanStation 2 con una resolución de 2 cm. Los trabajos se realizaron por la noche debido al elevado número de personas que visitan las cuevas durante el día. Las redes de medición realizadas con antelación en el sistema de coordenadas local sirvieron como base geodésica para los escaneos. Las áreas problemáticas de las cuevas se registraron además con una estación total Leica TCR1201+.

«Se trata de los equipos más modernos que hay actualmente en el mercado», asegura Yuriy Serebrianny, director von Doka Ltd.

En la práctica, la Leica ScanStation 2 mostró la máxima fiabilidad y también los datos registrados son



testimonio de las ventajas de esta tecnología. Según una declaración realizada por Nikolay Belous, director de Ukrgeodezmark, durante una conferencia de prensa organizada por los monjes del Petscherska Lavra, el escáner trabaja de un modo tan preciso que incluso se registraban las irregularidades más pequeñas de las paredes e incluso las pinturas murales. «Cuando el proyecto haya concluido, será posible quedarse sentado en el sofá tomando una taza de té mientras se exploran todas las cuevas del monasterio sin tener que dar un solo paso», afirma Nikolay Belous mirando al futuro. «No obstante, algunas cuevas permanecerán sin examinar puesto que sus entradas aún siguen bloqueadas», indica el director de proyecto Valentyn Kovtun.

Modelado del laberinto de cuevas

En base a los resultados del registro superficial y el modelado 3D, el siguiente paso es crear una visualización de todo el laberinto de cuevas. En primer lugar se crean modelos de triangulación de superficies de objetos en unidades de 50x50mm. En caso de superficies complicadas y espacios de equipación compleja pueden reducirse estas unidades a 25x25mm. A continuación se modela todo el objeto mediante la combinación de los módulos de triangulación individuales de las superficies de objeto (paredes, techos, suelos, etc.).

El modelado de las paredes, los suelos y los techos de las cuevas y salas se realiza por medio de las funciones primitivas de las redes de polisuperficie. Los datos de escaneo se procesan con ayuda del software Leica Cyclone. Un software especial permite elaborar luego modelos tridimensionales combinando los modelos de triangulación obtenidos de los datos de escaneo con material fotográfico de muy



elevada calidad. El resultado es un modelo en el que el usuario puede navegar con libertad y acceder a la vez a informaciones adicionales.

Los planes futuros incluyen la creación de un sistema de geoinformación tridimensional (GIS) del Petscherska Lavra. Un GIS 3D de este tipo permitiría la reproducción actual hasta en el más mínimo detalle de la arquitectura única del monasterio con la máxima precisión y velocidad.

La tecnología 3D más moderna: Un vistazo al futuro

El escaneo láser 3D forma hoy en día un aspecto integrado y el más prometedor de las tareas de medición en los ámbitos de la arquitectura y la construcción, así como en el cuidado de nuestro patrimonio cultural e histórico.

El uso de las tecnologías de escáner láser más modernas de Leica Geosystems abre horizontes completamente nuevos cuando se trata de la protección y la conservación del patrimonio artístico para nuestros descendientes y de la divulgación mundial de logros culturales y del conocimiento de todos los países. Una visualización 3D permitiría a muchas personas que no pueden venir a Kiev personalmente realizar un «paseo» virtual por las cuevas del monasterio Petscherska Lavra y presentar sus respetos ante las santas reliquias. ■

Sobre los autores:

Valentyn Kovtun, director de proyecto en Ukrgeodezmark, es ingeniero de medición con especialización en topografía e ingeniería civil.

Yuriy Serebrianny es director de Doka Ltd., distribuidor oficial de Leica Geosystems en Ucrania.

El Kiev histórico

La historia de Kiev tiene más de 1.500 años. En su día, la ciudad era el centro de la cultura eslava y la capital del potente Rus de Kiev, considerado el estado precursor de los actuales estados de Rusia, Ucrania y Bielorusia.

Según la leyenda, los hermanos Kyj, Schtschek y Choriw junto con su hermana Lybid fundaron la ciudad a finales del siglo V o principios del VI en el acantilado occidental del río Dnjepr y le dieron el nombre del hermano mayor Kyjiw. La primera mención histórica de Kiev data del año 862 A. D. en la Crónica de Néstor.

La historia de Kiev, la «madre de todas las ciudades rusas» como se la denomina a menudo, ha sido turbulenta. Ya en el siglo XI era una de las mayores ciudades de Europa con cerca de 50.000 habitantes. En el transcurso de los años su situación estratégica a la orilla del Dnjepr (río navegable) le valió numerosos ataques y conquistas, entre otros por los mongoles, los polacos, los rusos y la Alemania nazi.

Actualmente, Kiev – después de la declaración de independencia de Rusia el 24 de agosto de 1992 por el Parlamento Ucraniano – es la capital y la mayor ciudad de Ucrania con casi tres millones de habitantes. Con sus muchas iglesias y monasterios es una ciudad especialmente importante para el cristianismo ortodoxo.



■ Los periodistas durante el jalonado del logotipo con ayuda del Leica GPS1200.

600 litros de rojo y un sistema GNSS

por Hélène Leplomb

La revista francesa «Paris Match» ha celebrado su 60 cumpleaños por todo lo alto. La popular publicación ha marcado pautas con su eslogan «el peso de las palabras, la conmoción de las fotos». Para este aniversario, el equipo de redacción – junto con un glaciólogo – decidieron llamar la atención del público sobre el fundido de las capas polares escribiendo las letras «Paris Match» en el hielo de Groenlandia. La herramienta irrenunciable para la expedición fue un sistema GNSS de Leica.

El objetivo de la campaña era analizar cinco meses después como se fundía el logotipo y por tanto el hielo. Naturalmente, este experimento se realizó con tinte biológicamente degradable y las emisiones de

CO₂ se limitaron al mínimo durante todo el viaje. Para lograr el correspondiente impacto visual en la amplitud extrema del hielo, el logotipo debía medir 70 por 36 metros. ¿Pero cómo se dibuja un logotipo de este tamaño en el hielo? Los periodistas se percataron pronto de que necesitaban ayuda profesional para lograr el efecto gráfico deseado. En vista a la precisión exigida del dibujo y a las temperaturas extremas, la decisión recayó pronto en Leica Geosystems.

Tentativa en la playa

En diciembre de 2008 los periodistas de Paris Match se pusieron en contacto con Leica Geosystems Francia y presentaron su desafío. Nuestro equipo, sensible a los aspectos ecológicos del proyecto y a los retos que representaba el proyecto, les prometió su ayuda. El director de producto Farouk Kadded, familiarizado con condiciones extremas de este tipo, ofreció a los



■ Por medio del logotipo de 70 x 36 metros se ilustran los efectos del calentamiento terrestre.

periodistas un Leica GPS1200 – un receptor GNSS de doble frecuencia, que el propio Kadded utiliza cada dos años para mediciones de altitud en el Mont Blanc. Después de dos rápidas sesiones de formación – una para familiarizarse con los instrumentos y otra para realizar un ensayo a escala 1:1 en una playa – el equipo de Paris Match ya estaba preparado.

Después de su llegada a Ittoqqortoormiit en Groenlandia, los periodistas necesitaron dos días para localizar e identificar el punto perfecto para su proyecto: una gran superficie helada atravesada por un iceberg. A partir de ese momento, el éxito de su misión dependía del equipamiento de Leica Geosystems.

Misión cumplida en cuatro días

La unidad de control Leica RX1250 puede utilizarse con temperaturas de hasta -30°C. Por debajo de los -35°C se producen pérdidas de velocidad en el sistema, pero tan pronto como se calienta el aire unos pocos grados, se recupera de nuevo la plena capacidad funcional del equipo. Los periodistas comenzaron a esbozar el logotipo, pero apenas estaba acabada la «C» cuando la noche les obligó a continuar el trabajo al día siguiente. En el cuarto día de la expedición, los periodistas concluyeron el jalonado del logotipo «Paris Match». Los cien tacos de jalonado previstos no fueron suficientes, algunos de los tacos ya

colocados tuvieron que cortarse en dos para poder terminar los contornos del logotipo.

600 litros de color rojo carmín se distribuyeron en los contornos jalonados. El equipo estaba orgulloso del resultado: misión cumplida. El fotógrafo se elevó en el aire con el paramotor para captar la magnitud del proyecto. A su regreso a Francia, los periodistas agradecieron nuestra ayuda y nos explicaron su aventura. Dieron un gran valor a la colaboración con Leica Geosystems. El equipamiento soportó perfectamente las temperaturas heladas y la aventura demostró una vez más la robustez y la precisión de los instrumentos de Leica Geosystems. ■

Sobre la autora:

Hélène Leplobm es directora de marketing de Geomatics & Scanning en Leica Geosystems Francia.

El mundo subterráneo de la Isla de Pascua

por Milosch Dryjanski

Perdida en la inmensidad del Pacífico Sur, emerge una única isla en medio del océano. Sus habitantes la llaman «Rapa Nui». Los «descubridores» europeos divisaron esta isla situada a cientos de kilómetros del continente más cercano o de cualquier otra isla el Domingo de Pascua del año 1722, un par de siglos después de que lo hicieran los polinesios, y la denominaron de forma poco imaginativa Isla de Pascua. Milosch Dryjanski ha viajado allí con su equipo de espeleólogos y varios Leica DISTO™ con el objetivo de descubrir algunos de sus secretos subterráneos.

El aislamiento debido a la remota situación de la isla permitió el desarrollo de una destacada cultura que hoy en día sigue siendo un enigma. Los símbolos más representativos y que cualquier europeo asocia a la Isla de Pascua, son las enormes esculturas de piedra, denominadas Moai en la lengua nativa. Aunque la cultura de los constructores de los Moai ya se encontraba en proceso de desintegración cuando llegaron los primeros europeos, su historia, transmitida y conservada oralmente, desapareció completamente

debido a la explotación de la isla, a la deportación para esclavitud y a la transmisión de enfermedades. Actualmente existen sobre la cultura de la isla y los motivos de su extinción algunas teorías en parte absurdas y que tienen todas ellas algo en común: son prácticamente imposibles de demostrar.

No obstante, para realizar una pequeña contribución a la resolución de los enigmas que dejaron tras de sí los habitantes originales de la isla, ha viajado una expedición de espeleología bajo el patrocinio de National Geographic y el Explorers Club a la isla, la punta de un volcán extinguido que se eleva desde 4.000m de profundidad en el océano. Debido a su origen volcánico, la isla tiene una enorme cantidad de cuevas de lava, que van desde las muy pequeñas a las absolutamente respetables desde el punto de vista de un espeleólogo. Estas cuevas fueron utilizadas hasta mediados del pasado siglo por los nativos para diferentes objetivos. A menudo servían como viviendas, pero también como refugios defensivos que ofrecían protección sobre todo a mujeres y niños durante los conflictos bélicos. Servían también como cisternas de agua, gallineros y también como cámaras mortuorias. Muchas cuevas



contienen ruinas de cientos de años de utilización habitual.

La mayoría de las cuevas son perfectamente conocidas para los habitantes actuales, han jugado en ellas de niños, pero sólo un pequeño número de las cuevas más pequeñas han sido descritas y cartografiadas. Esa ha sido la misión de la expedición, compuesta principalmente por espeleólogos polacos y un equipo de TV de EE.UU. Con monos de color naranja o azul chillón – los espeleólogos hablan de «Schlatzen» – los miembros de la expedición caminaron durante cuatro semanas bajo un sol tropical por los sectores de la isla determinados por la administración local de parques nacionales, en la búsqueda de cualquier pequeña entrada de cueva. Cada objeto era marcado en el mapa con ayuda de GPS, se describía el interior y se cartografiaba.

En vista a la gran cantidad de cuevas pequeñas, era especialmente importante realizar la topografía con la mayor eficacia posible. No se trataba de obtener una exactitud absoluta, sino más bien de un registro metódico y de la catalogación de las cuevas y sus características más importantes. Los

distanciómetros láser utilizados Leica DISTO™ A3, A6 y A8 en combinación con equipos de medición externos para inclinación y azimut magnético, algunas veces con PDAs, aceleraban el trabajo considerablemente.

Para un espeleólogo, obligado a pasar con su equipamiento al completo por estrechos resquicios, juegan un papel decisivo la versatilidad de los equipos a pesar de sus dimensiones pequeñas, el peso reducido, el suministro de energía sencillo lejos de la civilización y la robustez de los equipos.

El punto fuerte de los equipos Leica DISTO™ radica en la rapidez de la telemetría. Se podían medir las cuevas sin tener que llegar con la cinta métrica a todos los puntos importantes. Especialmente en las cuevas anchas pero muy bajas (alturas en la gama de 40cm y al mismo tiempo anchuras de varios metros), la medición con cinta métrica sería muy laboriosa y también agotadora debido a las elevadas temperaturas en las cuevas cercanas a la superficie. En las cuevas grandes podían también registrarse de modo rápido y preciso las alturas de techo simplemente pulsando un botón del Leica DISTO™.



Con el láser trabajaban equipos formados por dos personas. Una medía y la otra registraba. No se necesitaba una tercera persona con una cinta métrica. El manejo de los equipos es sencillo y prácticamente no es necesaria formación. Asimismo era importante que los equipos fuesen insensibles contra las influencias como la suciedad y el agua, fáciles de limpiar y además se pudiesen manejar bien llevando guantes. Además, eran capaces de medir y registrar las características importantes de las cuevas sin necesidad de pisar los potenciales yacimientos arqueológicos.

La función de visor de vídeo incorporada del Leica DISTO™ A8 fue particularmente útil para apuntar con precisión. En las cuevas con grandes entradas u orificios en la superficie era imposible ver el punto láser bajo el sol tropical. Con un bloque de escritura como tablilla de puntería y la cámara para la marcación todo funcionó perfectamente. En cuevas con más de 10m de tamaño, la medición con cinta métrica hubiese sido más que problemática.

El Leica DISTO™ A6 suministraba los datos mediante Bluetooth a una PDA y se utilizaba junto con un

módulo externo para azimut magnético e inclinación para la cartografía asistida por ordenador.

Durante la expedición, el equipo de espeleólogos formado por 18 personas registró y documentó más de 300 cuevas. Esto hubiera sido prácticamente imposible con los métodos de medición que se acostumbraban a utilizar hasta ahora en espeleología. En este punto queremos agradecer sinceramente a la empresa Leica Geosystems su generosa ayuda. Los equipos prestaron un trabajo realmente excelente en las condiciones no precisamente fáciles de las cuevas de lava de la Isla de Pascua. ■

Sobre el autor:

Milosch Dryjanski, ingeniero electrónico de profesión, es director de técnica de gestión de inmuebles de la Escuela Técnica Superior de Munich. Durante 25 años, ha dedicado su tiempo libre a la espeleología alpina.

Imágenes: Marcin Jamkowski/AdventurePictures.eu (pág. 9) y Tomasz Snopkiewicz (pág. 10)





■ El autor Hardy Schwalb mide la inusual construcción de la cubierta con un Leica TPS1200.

Un estadio para Leica TPS1200

por Hardy Schwalb

El TSG 1899 Hoffenheim fue la gran sorpresa de la temporada futbolística 2008: en sólo unos pocos años los futbolistas de Sinsheim, una pequeña ciudad cerca de Heidelberg, habían logrado ascender a la Bundesliga o primera división. Con la inauguración a principios de 2009 del Rhein-Neckar-Arena, el club dispone ya de un estadio propio. El entusiasmo en la región por el club TSG 1899 que ya juega en el división de honor es mucho mayor de lo que había sido nunca. Y entusiasmados es como estaban también los ingenieros de medición de la oficina de ingeniería Kieser + Dr. Neureither, a los que se encargaron los trabajos del nuevo estadio futbolístico.

En verano de 2006, el patrocinador principal del TSG 1899 Hoffenheim, Dietmar Hopp, comenzó a buscar la ubicación para un nuevo estadio futbolístico. Des-

pues de decidirse por Sinsheim y de que se hubiese seleccionado una oficina de planificación, el proyecto pudo tirar adelante. En paralelo a la planificación del estadio, debía elaborarse también un plan de edificación jurídicamente válido. Esta fue la primera tarea de los ingenieros de medición.

En una fase temprana, el director de proyecto encargó a la oficina de ingeniería Kieser + Dr. Neureither de Mosbach todos los trabajos de topografía y medición. Primeramente se necesitaba un plano según ejecución con modelo de terreno digital de un área de aprox. 50 hectáreas a lo largo de la A6, frente al Museo del Automóvil y la Técnica. Éste debía servir por una parte como base para la planificación de construcción y, por otra, para la planificación en detalle con objeto de determinar con precisión el emplazamiento y la elevación de la construcción planificada del estadio y de las plazas de estacionamiento necesarias. La nueva construcción está situa-



da en medio del terreno montañoso de Kraichgauer, por lo que era muy importante determinar sobre todo las altitudes al objeto de evitar movimientos de tierra innecesarios durante la preparación del terreno.

Las mediciones para la creación del modelo del terreno se realizaron con un sistema Leica GPS1200 y con datos de escaneo láser de la administración de levantamiento topográfico de Baden-Württemberg. Se utilizó una estación total Leica TPS1200 para el arrastre de cotas de la red altimétrica oficial mediante nivelación trigonométrica a puntos de referencia en la zona del proyecto de construcción. Esta operación pudo realizarse con una precisión de ± 2 mm.

Después de la finalización de la fase de planificación por parte del planificador principal agn Niederberghaus & Partner en Ibbenbüren, se puso la primera piedra en mayo de 2007 y los trabajos de construcción pudieron empezar. El modelo de terreno digital del sitio existente y la planificación se transfirieron a la empresa de construcción Leonhard Weiss para el control de la maquinaria para movimiento de tierra con el fin de garantizar una excavación de terreno eficaz. En el área de construcción, que abarca el estadio y cerca de 2.300 plazas de aparcamiento para automóviles, se debía mover aprox. 350.000m³ de tierra.

Para los demás levantamientos se hizo necesaria una red de construcción con puntos fijos en la cercanía inmediata de la obra del estadio. Las mediciones para la determinación de la posición y altura de nueve pilares de hormigón se realizaron combinadas con Leica GPS1200 y Leica TPS1200 y se calcularon mediante compensación de red. Mediante múltiples observaciones recíprocas, se lograron precisiones de posición y altura de menos de 2 mm y se pudo prescindir de una determinación de altura más precisa mediante nivelación fina.

A principios de agosto de 2007 comenzaron los trabajos de cimentación para la construcción del estadio. Todas las estructuras de hormigón armado de los edificios principales y las tribunas descansan sobre más de 900 pilares de hormigón con una profundidad de hasta 25 m. En función de la carga posterior, los pilares colocados en pares o grupos en los puntos de intersección de 55 ejes dispuestos diametralmente y 4 en paralelo respecto al borde del terreno de juego se dejaron de nuevo al descubierto después del hormigonado y se anclaron con candeleros de cimentación. Para el replanteo de estos candeleros de cimentación se necesitaba una precisión de posición

de 3 cm. Esta exigencia de precisión que no supondría ningún problema en condiciones normales resultaba no ser nada fácil con las sacudidas del jalonado que se estaba realizando al mismo tiempo. En estas condiciones de medición se demostró que el centraje y la orientación de la estación total Leica TPS1200 seguía permaneciendo suficientemente estable durante largo tiempo a pesar de estas vibraciones.

A mediados de octubre, cuando estuvo lista la placa de cimentación para la construcción principal y ya se habían iniciado también los trabajos de encofrado para las cajas de escalera hechas en hormigón preparado in situ, llegaron a la obra los primeros pilones de hormigón armado. A fin de respetar las tolerancias exigidas para el montaje de las barras de soporte, placas de techo y apoyos de los pilones para las tribunas, debían examinarse con exactitud la posición y la altura de los pilares que se habían fijado en los candeleros de cimentación. Para ello se marcaron en cada uno de los cimientos de hormigón tres puntos de eje con clavos de acero, que luego se usaron para la alineación de los pilares. En la construcción principal de cuatro pisos, cada uno de los pilares se extendía en dos pisos. Los pilares superiores y exteriores de las tribunas están provistos en el extremo superior con una placa de anclaje maciza de acero a la que están fijados los pilares de acero de la construcción de la cubierta.

La mayor parte de los trabajos de hormigón armado y el montaje de las piezas prefabricadas ya había concluido cuando en mayo de 2008 llegaron y se montaron los primeros elementos de la construcción de la cubierta. Según lo especificado, la construcción de la cubierta del estadio debía dar la impresión de una nube flotante y debía realizarse sin arriostramiento de cables ni pilares en la zona de las tribunas. Toda la construcción de la cubierta descansa sólo en los pilares exteriores y en la denominada «estructura portante primaria».

La ejecución de obra exigió un levantamiento de elevada precisión. En primer lugar tuvo que calcularse la altura de las cabezas de los pilares de hormigón y marcarse con precisión milimétrica los ejes para los pilares de acero en las placas de anclaje instaladas en ellas. Los elementos de la estructura portante primaria, algunos con un peso superior a varias toneladas, se preensamblaron primero en lo que había de ser el terreno de juego, se midieron allí y se compararon con las cotas teóricas. En las torres auxiliares, que sólo se habían creado temporalmente para

el montaje de los soportes primarios, se marcaron los ejes para la alineación de los pilares principales. En la estructura portante primaria se encuentran las «armaduras de cubierta poligonales», en las que se había fijado el recubrimiento de la cubierta, los paneles de Makrolon y una membrana inferior a modo de revestimiento.

Para cumplir con las tolerancias del recubrimiento de la cubierta, era necesario realizar un control de posición y de altura de la construcción de la cubierta montada. Para las mediciones se colocó la estación total Leica TPS1200 directamente sobre la cubierta y se comprobó la paralelidad y la distancia correcta de los taladros para la fijación de las láminas en la cubierta superior de las armaduras poligonales. Desde las tribunas, se comprobó con ayuda de un ocular acodado la posición y la altura de cada uno de los pilares de acero individuales mediante los puntos antes marcados. Todas las mediciones se realizaron sin reflector.

Después de retirar las torres auxiliares, la finalización de la construcción de la cubierta con revestimiento y recubrimiento, así como del montaje de las pantallas de vídeo de casi diez toneladas cada una, se realizaron también algunas mediciones de control para la comprobación de la elevación y la verticalidad de los pilares.

Durante la construcción se realizaron otras tareas de medición, como la indicación de altura de los marcadores, la posición y el control de altura de los elementos terminados, el establecimiento de ejes para

la construcción de fachadas y ventanas, así como para trabajos de interior.

La red de puntos de control realizada originalmente se aumentó continuamente con otros puntos alrededor de la obra y en la propia estructura. Siempre que fue posible se emplearon marcas adhesivas con lámina reflectante. La determinación de estos puntos, así como las determinaciones de estación con ayuda de estos puntos, se realizaron en el modo de medición sin reflector en dos posiciones del anteojo. Este procedimiento de medición se demostró imbatible en cuanto a precisión y velocidad en comparación a la medición con reflector. Utilizando un mínimo de 4 puntos fijos, el error medio de las coordenadas del punto estación se situaba en el margen de 1 a 2 mm para posición y altura. Gracias a la elevada precisión de altura del Leica TPS1200, incluso a grandes distancias, no fue necesario recurrir a nivelación geométrica en ninguna medición. Para los trabajos de replanteo y levantamiento se empleó cuando era posible también el Leica GPS1200.

En resumen, el equipamiento de Leica Geosystems permitió realizar todas las tareas de medición exigidas de modo altamente preciso y eficaz. ■

Sobre el autor:

El ingeniero diplomado (FH) Hardy Schwalb es ingeniero de medición en la oficina Kieser & Dr. Neureither de Mosbach/Alemania, y fue el responsable del levantamiento técnico para la construcción del estadio de Sinsheim.



Estadio Rhein-Neckar-Arena de Sinsheim

Localidad: Sinsheim, Alemania

Propietario: Dietmar Hopp

Club: TSG 1899 Hoffenheim

Arquitecto: agn Niederberghaus & Partner,
Ibbenbüren

Inauguración: 24 de enero de 2009

Capacidad: 30.164 localidades

Costes: 60 millones de euros

Eventos:

- Campeonato Mundial de Fútbol Femenino 2011
- Deutsches Turnfest 2013

Iowa DOT: una inversión de futuro

por Vicki Speed

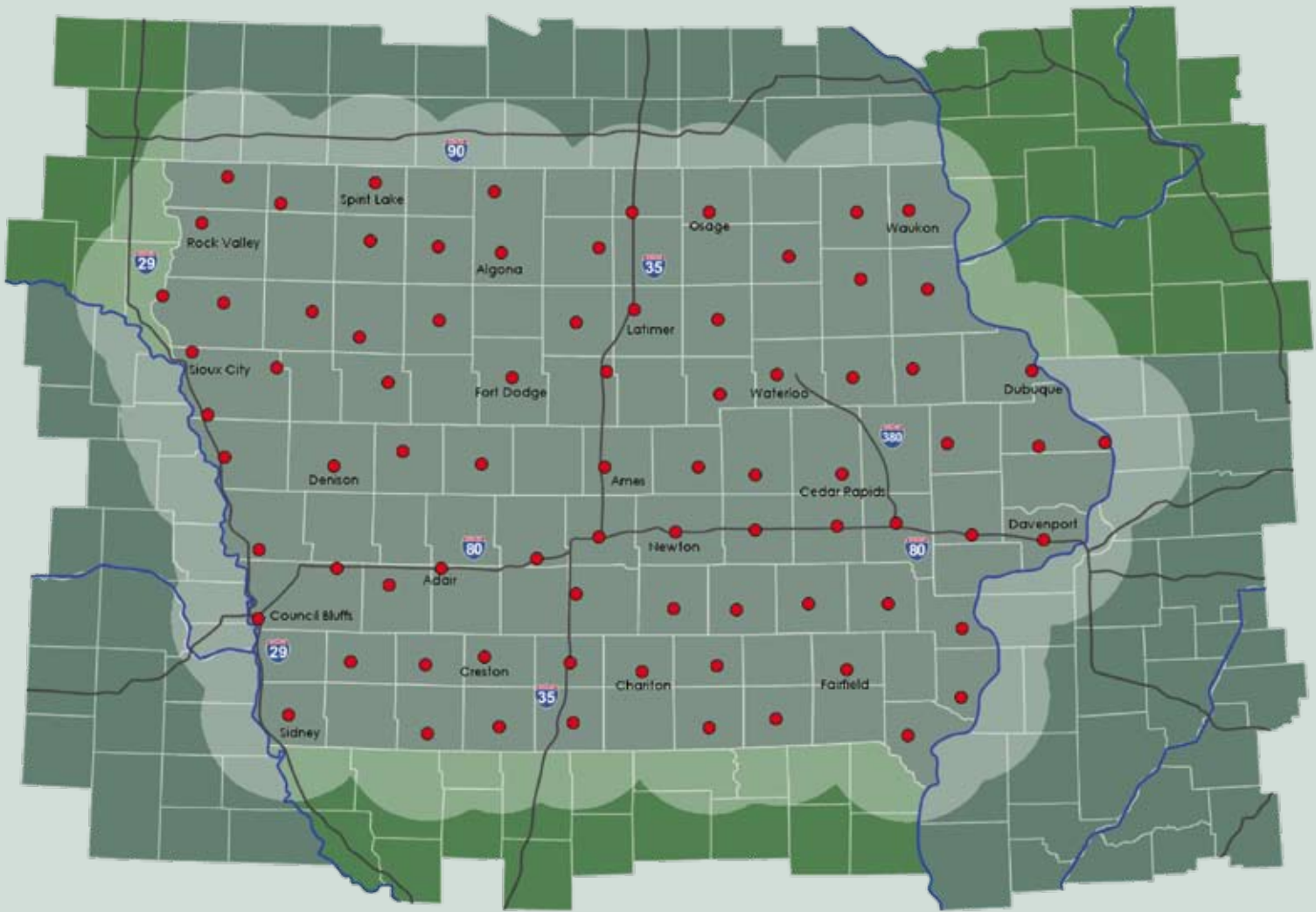
El Ministerio de Transportes del estado norteamericano de Iowa dispone de una de las mayores redes nacionales de estaciones de referencia GNSS permanentes. La «Iowa Real Time Network» (IaRTN) ofrece datos de corrección de satélites GPS prácticamente instantáneos en todo el área estatal a usuarios públicos y privados autorizados.

Mike Jackson, director de proyectos especiales en el Iowa DOT (Department of Transportation; ministerio de transporte), está muy satisfecho: «La IaRTN mejora significativamente la eficacia y la precisión en las coordenadas GNSS. Además, en la mayoría de casos, puede eliminarse la instalación de estaciones base o redes privadas. La IaRTN dispone de un potencial prácticamente ilimitado para un enorme espectro de posibilidades de aplicación que van desde la topografía, hasta las actividades

de construcción de cualquier tipo e incluso a la agricultura.»

La red instalada por Leica Geosystems se compone de un total de 80 estaciones, cada una de las cuales dispone de un receptor GNSS Leica GRX1200 GG Pro con funciones de Ethernet.

Se han instalado estaciones de referencia permanentes (CORS) con una distancia de unos 70km de media entre sí, lo que permite a la red ofrecer una cobertura completa en todo el estado de Iowa. Utiliza más de 40 satélites activos actualmente y está preparada para recibir otros 40 o más, que estarán disponibles mediante actualizaciones y ampliaciones de los sistemas GPS y GLONASS, así como a través de los futuros satélites Galileo. Los datos Real Time Kinematic (RTK) están accesibles a través de Internet tanto a los organismos oficiales como al público en general.



El núcleo central de la red está formado por el software de red SpiderNet de Leica Geosystems, un paquete de software integrado que sirve para la adaptación a las condiciones ionosféricas y troposféricas y permite el modelado de fallos antes de la transmisión de las señales de corrección de red a la estación móvil o el usuario final. En lugar de simples datos de la estación de referencia más cercana, el usuario recibe correcciones que se basan en los datos de toda la red. Leica SpiderWeb sirve para la distribución de los datos GNSS a través de Internet. El acceso se realiza mediante un navegador web normal.

La base para muchas áreas de aplicación

Wendy Watson, la directora del proyecto Iowa DOT en Leica Geosystems, declara: «Las redes de estaciones de referencia como la de Iowa ofrecen a los ingenieros de construcción y medición de todo el estado una base muy útil para su trabajo. Presta asistencia no sólo en tareas topográficas y de medición, sino también en el control de puentes y

presas, en aplicaciones de control de maquinaria para la construcción de carreteras, en la transmisión de información de accidentes a través de las estaciones de policía locales y mucho más. Se trata de una inversión de futuro.»

La IaRTN comenzó a funcionar en febrero de 2009, sólo un año después de la aprobación de inicio del proyecto, siendo así una de las redes de estaciones de referencia que se ha construido con mayor rapidez. Además, se firmó con Leica Geosystems un contrato para la administración y supervisión de la red de estaciones de referencia Iowa DOT. ■

Puede encontrar más información sobre la IaRTN en <http://www.iowadot.gov/rtn/>

Sobre la autora:

Vicki Speed trabaja desde hace diez años como periodista autónoma en las áreas de técnica y construcción. Vive en las proximidades de Denver, Colorado.



© iStockphoto.com/brytta

Auscultación GNSS en tiempo real

por H el ene Leplomb

La oficina topográfica francesa «3GE» trabaja mano a mano con Leica Geosystems para instalar los primeros sistemas de control GNSS automáticos en dos puentes extraordinarios de Francia: el «puente de Tancarville» y el «puente de Normandía».

La Cámara de Comercio e Industria (IHK) Le Havre es responsable de estas dos obras espectaculares: el puente colgante de Tancarville tiene una abertura de 608 m y va a celebrar este año su 60 aniversario; y el puente de cables oblicuos «Pont de Normandie», con su máxima distancia entre apoyos de 856 m, se inauguró en 1995. Estos dos puentes son de vital importancia para el desarrollo económico de la región.

Más de doce millones de v hculos los utilizan cada día y la tendencia es que siga aumentando.

Las autoridades francesas estipulan una supervisión reforzada de los puentes de más de 500 m de longitud. Hasta ahora, estas construcciones habían sido controladas regularmente mediante taquimetr a manual. Cuando el IHK Le Havre convocó en el año 2007 estas prestaciones de servicio de control, se recibí entre las ofertas para el control por taquimetr a también una propuesta alternativa para un servicio automático que tenía como base la tecnología GNSS y que había sido presentada por el despacho 3GE (Garrigou et Gaillet G om tres Experts en El Havre).

Después de estudiar las distintas ofertas, Didier Jean, como director técnico de IHK Le Havre responsable

Sistema empleados

- Antenas Leica GMX 901 GPS
- Antenas compactas Leica AX 1202GG multi GNSS
- Software Leica GNSS Spider para estaciones individuales y redes
- Software Leica GNSS QC para el control de calidad/análisis de estaciones de referencia



de los puentes, se decantó por la variante GNSS: «He seleccionado el concepto más económico, que además aporta otras ventajas interesantes».

Los siete receptores GNSS de Leica Geosystems situados en el «puente de Normandía» y los ocho receptores en el «puente de Tancarville» forman una red con la que pueden registrarse datos de medición altamente precisos. Las posiciones calculadas en tiempo real – hasta 20 por segundo – proporcionan una precisión milimétrica mediante el procesamiento de los datos.

Datos de medición continuos, menos riesgo

Mientras que el concurso original preveía un programa de medición de cinco días por trimestre, los receptores GNSS instalados en puntos estratégicos de cada puente proporcionan mediciones en tiempo real las 24 horas y los 365 días del año. Los valores de medición registrados pueden ser analizados por geómetros en caso necesario, por ejemplo, en caso de una tormenta. «Con este método nos podemos ahorrar salidas por la noche y con mal tiempo, no tenemos que preocuparnos de las difíciles condiciones de acceso y de la mala visibilidad, y se eliminan así riesgos para los empleados y el equipamiento», afirma Serge Garrigou, director de 3GE.

Disponer de puntos de medición en tres dimensiones permite la observación completa y continua de las deformaciones causadas por las oscilaciones climáticas. Puesto que los puentes de cables oblicuos y los colgantes son dinámicos por naturaleza, los datos también deben permitir comparar el comportamiento real de las construcciones con los modelos teóricos y con el comportamiento en los túneles de viento. Además del margen de oscilación, para la IHK también es de interés la oscilación propia de las construcciones. Con la nueva instalación puede auscultarse continuamente el comportamiento de las construcciones y examinarse, especialmente en caso de temporales, vientos fuertes y durante las horas de tráfico más intenso. Puesto que los datos se sincronizan, se obtiene una imagen precisa y dinámica de las construcciones en un momento concreto, ya sea en tiempo real o con desfase temporal. En el contexto de un desarrollo sostenible de los puentes no existe ninguna duda de que estas construcciones ejemplares contribuirán al avance de la técnica para el desarrollo de construcciones dinámicas en Francia. ■

Sobre la autora:

Hélène Leplomb es directora de marketing de Geomatics & Scanning en Leica Geosystems Francia.

Escaneo de avance de túnel con Leica HDS6000

de Konrad Saal

En los últimos años, el escaneo láser 3D se ha establecido en muchas aplicaciones debido a su potencial de registro rápido de datos sin contacto con elevada densidad de escaneo. La idoneidad de este proceso también en el análisis de deformaciones de grandes superficies está demostrado por un proyecto de investigación en la Universidad Técnica de Munich. En Stuttgart, se empleó exitosamente el escáner láser Leica HDS6000 en la ampliación de una línea de metro para el escaneo del «frente de ataque».

El ingeniero diplomado Johannes Ohlmann es profesor asociado en la cátedra de Geodesia de la Universidad Técnica de Munich. En el marco de su tesina y como proyecto de investigación ulterior en cooperación con el centro geotécnico (cátedra para construcción de cimientos, mecánica del suelo, mecánica de las rocas y construcción de túneles en la misma universidad) investiga en qué medida puede emplearse el escaneo láser 3D para determinar las deformaciones en áreas de gran superficie durante

la construcción de túneles. Un proyecto apropiado resultó ser la extensión de la línea de metro U6 en Stuttgart, una sección de túnel de 400 metros de largo con avance minero en modo de construcción de hormigón proyectado. La oficina de ingeniería civil local apoyó la investigación en este campo.

Escaneo láser terrestre en la construcción de túneles

Actualmente, el escaneo de túneles con escáneres láser 3D es un procedimiento de medición habitual en muchas fases de la construcción de túneles. «Desde el punto de vista geodésico y geotécnico, la información actual y completa sobre las deformaciones es interesante, especialmente en proyectos que utilizan el «Nuevo modo de construcción de túneles austriaco» (NÖT, en su sigla en alemán), en el que las deformaciones surgidas son un criterio de decisión importante durante el proceso de construcción», declara Johannes Ohlmann. La práctica habitual es realizar mediciones de desplazamiento sólo en perfiles individuales.



Conclusiones por asentamientos en la superficie

En la cátedra de Geodesia se analizan mediciones de superficies con escaneo láser con el objetivo de analizar deformaciones de grandes superficies en tiempo real utilizando nubes de puntos 3D capturadas a intervalos. El centro geotécnico trabaja en modelos que permitirán en el futuro obtener conclusiones sobre asentamientos en la superficie de los terrenos, y especialmente de los edificios, a partir de las deformaciones de las superficies del túnel durante el avance.

El denominado «frente de ataque» es la superficie de intervención del avance. Su estabilidad durante el avance del túnel no es algo que pueda medirse. No obstante, las deformaciones puede medirse y evaluarse con escaneo láser, lo que permite obtener resultados sobre las modificaciones de la estabilidad a lo largo del tiempo. El aumento de deformaciones, cuyas mediciones se basan en intervalos temporales determinados, puede derivarse de cálculos numéricos a partir de los cuales pueden por último obtenerse conclusiones sobre la estabilidad del frente de ataque.

Económico y seguro

El escaneo láser 3D puede integrarse fácilmente en el proceso de construcción del túnel y ha demostrado ser económico y compatible con las operaciones de construcción. «Un Leica HDS6000 registra en menos de diez minutos todo el área de avance, incluido el frente de ataque, y apenas dificulta el proceso de construcción». Ohlmann menciona también las ventajas cualitativas y financieras para los constructores y las empresas: «El tiempo de construcción se puede acortar gracias a la optimización del montaje de elementos de seguridad y se realiza directamente durante la construcción un registro extensivo e íntegro de eventos. Y se aumenta la seguridad, porque el ingeniero de medición, gracias al registro sin contacto, no ha de pisar el área poco segura del frente de ataque.»

Proceso de medición y evaluación

A finales de septiembre de 2008, durante las operaciones de avance en marcha, se comenzaron a realizar siete mediciones estáticas del frente de ataque durante diez horas utilizando el Leica HDS6000. La primera y la cuarta medición se tomaron como medición cero. «El marco temporal acordado para una edición



de 15 minutos se pudo mejorar fácilmente con el Leica HDS6000. Como media se necesita para un escaneo siete minutos y esto era así habiendo seleccionado una resolución de pocos milímetros y una distancia de objeto segura de diez metros», explica Ohlmann. Las nubes de puntos se registraron utilizando el Leica Cyclone 6.0 y se referenciaron dentro de un sistema de coordenadas local. Para la transformación se probaron tanto objetivos esféricos como B&W, que tenían una precisión media de registro en el margen de 1 a 2 mm.

Para el procedimiento de evaluación superficial, la superficie del frente de ataque se dividió en cuadrículas en las que se colocaban las nubes de puntos. Las diferencias en los componentes de los puntos de cuadrícula interpolados en perpendicular al frente de ataque describen la deformación de cada juego de mediciones en relación a la medición cero. El ancho de cuadrícula se adaptó a la densidad de puntos de modo que se calculasen valores representativos de toda la superficie para las deformaciones. Mediante los filtros y algoritmos de cálculo especialmente desarrollados para eliminar los cambios introducidos debidos a la aplicación de hormigón proyectado o la instalación de elementos de seguridad, se obtuvieron valores fiables para las deformaciones con una precisión milimétrica. Las deformaciones se codificaron a color en un gráfico con el software TunnelDefo desarrollado en la Universidad Técnica de Munich.

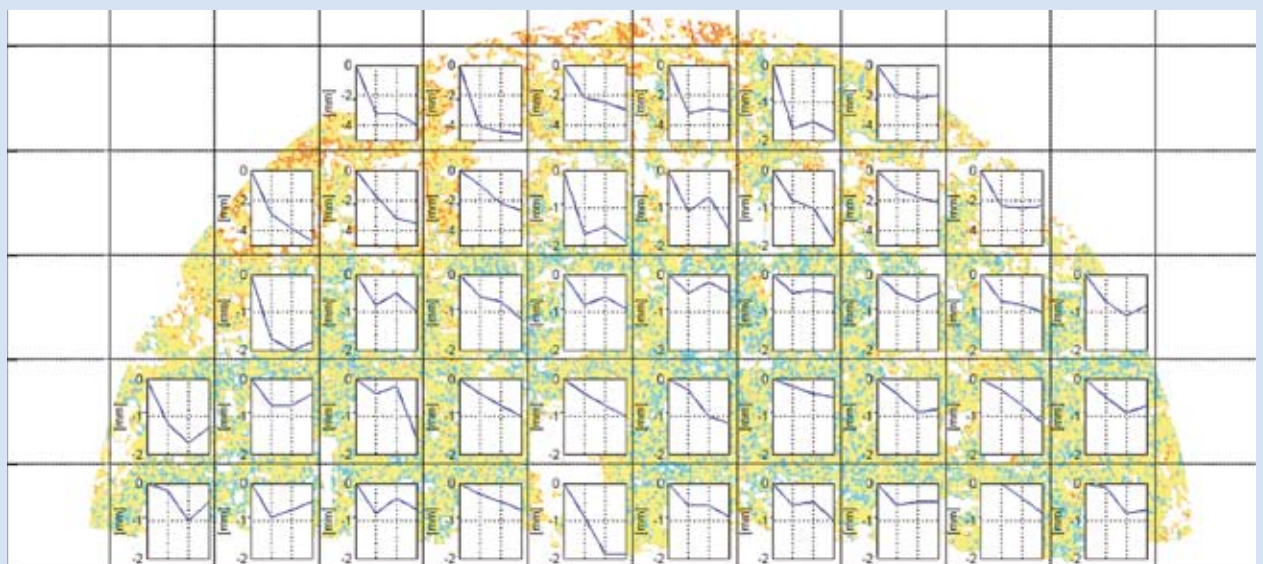
Elevado potencial de aplicación

Los investigadores implicados en el proyecto están convencidos de que el escaneo de acompañamiento de avance ofrece un elevado potencial de aplicación. «El escaneo láser se ha incluido a concurso por primera vez para el tunelado actual del ICE y se va a establecer como método estándar», afirma convencido Ohlmann. Las ventajas del Leica HDS6000 y el modelo sucesor Leica HDS6100 con sus especificaciones ampliadas jugarán un papel importante en el éxito de futuros proyectos en este campo de aplicación vanguardista.

Durante la medición y la discusión positiva del procedimiento con todos los implicados en el proyecto, la Cátedra de Geodesia fue capaz de seguir desarrollando tanto los algoritmos de análisis y el software para la determinación de las deformaciones del frente de ataque. Johannes Ohlmann: «Nuestro objetivo es ser capaces de proporcionar al jefe de avance y a los demás responsables un análisis fiable de las deformaciones inmediatamente después del escaneo in situ».

Sobre el autor:

Konrad Saal es ingeniero topógrafo y director de marketing y comunicación de Leica Geosystems en Heerbrugg, Suiza.



■ Con el Leica HDS6000, para el escaneo del frente de ataque desde una distancia segura con una cuadrícula seleccionada de sólo unos pocos milímetros sólo se necesitaron siete minutos. Para el procedimiento de evaluación superficial, la superficie del frente de ataque se dividió en cuadrículas en las que se colocaban las nubes de puntos. Un filtro de datos especial elimina las modificaciones causadas artificialmente. En el gráfico se presentan las deformaciones codificadas a color.



■ A 2 metros por hora, el túnel de caja avanza hasta su posición correcta.

Ciento una horas

por Hugh Anderson

En un mundo en el que no existe la «estabilidad absoluta», el movimiento es un fenómeno omnipresente. Cuánto se mueve un elemento y cuándo lo hace es de importancia distinta según las personas. Un aspecto del tema «movimiento» que nosotros aceptamos como natural es la preparación fiable y segura de una infraestructura de transporte.

En Gran Bretaña existen más de 410.430 km de carreteras y vías: un número que aumenta día a día. Esta red se entrecruza en 7.600 puntos de terreno público y privado en forma de pasos a nivel. Cada año se producen más de 2.000 accidentes en dichos pasos. Los trenes alcanzan hoy en día velocidades de hasta 200km/h, lo que convierte los pasos a nivel en puntos muy peligrosos.

Este peligro de los pasos a nivel se reduce cuando se sustituyen por puentes o pasos subterráneos. Este es el caso actualmente de p. ej. el paso a nivel de Owen Street, donde la B4517 (Alexandra Road) se cruza con la West Coast Main Line en las cercanías de la estación de Tipton en los Midlands Occidenta-

les, Inglaterra. El paso a nivel se está sustituyendo por una carretera de 300m de largo, que pasará por debajo de la línea ferroviaria a través de un túnel de cajón de 55 x 9m. Los trabajos están siendo realizados por la empresa contratista de obras BAM Nuttall Ltd..

El proyecto de 23 millones de euros es el primero de los cuatro grandes proyectos de renovación que se van a realizar en Tipton durante los próximos tres años. Con un nuevo túnel y un trazado de carretera optimizado, el flujo de tráfico debe mejorar y con ello también la economía de la ciudad.

La Sandwell Metropolitan Borough Council ya empezó en el año 1950 con los preparativos para la sustitución del paso a nivel Owen Street, el último de su clase en el trazado de la West Coast Main Line. La línea ferroviaria tiene un tráfico intenso, por ella circulan entre otros numerosos trenes de alta velocidad que no paran en Tipton. Esto significa que las barreras ferroviarias a menudo permanecen cerradas incluso durante tres cuartos de hora.

El encargo de planificación y construcción de la carretera de descongestión Owen Street se adjudicó en





agosto de 2007 a BAM Nuttall Ltd.. El proyecto se inició en octubre de ese mismo año. La nueva carretera de descongestión se abrirá muy pronto al tráfico.

BAM Nuttall tiene una amplia experiencia con el avance de túneles de cajón. En comparación a los encargos anteriores, en el proyecto de Tipton existía una importante diferencia: hasta ahora en el túnel de cajón se avanzaba con una velocidad de dos metros y medio a tres metros por turno de trabajo. No obstante en Tipton debía concluirse todo el proceso mientras el trayecto afectado permanecía provisionalmente fuera de servicio. ¡Se realizaron 60 metros en 30 horas, con una impresionante media de dos metros por hora!

Para la mayoría de personas de Gran Bretaña, las vacaciones de Semana Santa comenzaron el jueves 9 de abril de 2009, pero para los ingenieros de BAM Nuttall Ltd. comenzó la puesta en fuera de servicio de ciento una horas de un trazado de 100m de largo de la West Coast Main Line. En los meses anteriores, Jamie Beech, jefe de obras de BAM Nuttall Ltd., y sus técnicos habían construido una construcción de hormigón en forma de cajón, que debía sustituir como paso subterráneo el paso a nivel de Owen Street en Tipton. En los siguientes cuatro días se empleó el procedimiento de construcción de túneles de cajón de John Ropkins para hacer avanzar la construcción de hormigón con ayuda de martinetes.

Los trabajos empezaron con la retirada de las vías existentes, para ello se necesitaron diez horas. Mien-

tras se construía el tablestacado y se creaba el acceso a ambos lados del túnel, se realizaba una supervisión continua del tramo de vía con dos estaciones totales Leica TCA1201+ de instalación fija. Éstas realizaron mediciones en 300 mini prismas que estaban instalados en vías, puentes de señales y otras construcciones relevantes. Los datos se procesaban continuamente con ayuda del Leica GeoMoS. El software registra datos de prácticamente cualquier sensor necesario para la auscultación y los muestra de un modo fácilmente comprensible, con gran valor informativo y del modo definido por el usuario. Un sensor meteorológico supervisaba la temperatura y la presión para poder corregir las observaciones y que las condiciones meteorológicas no influyesen en la precisión de los resultados. La fiabilidad y repetibilidad superaron las exigencias del proyecto que indicaban una precisión de registro de los puntos de <5mm. La repetibilidad de las mediciones se situó en un impresionante ± 2 mm. Veinte mini prismas se instalaron en el balasto de apoyo para observar las ataguías durante el proceso de hincado de pilotes.

Una vez que se había elevado la vía y el balasto se había retirado, las excavadoras aplanaban el material de la construcción de cajón. El cajón está equipado con un cabezal de corte que le permite abrir su propio camino. Esto minimizaba la necesidad de material de relleno y de los trabajos de compactación asociados con el fin de excluir posibles hundimientos del suelo. Además, también se evitaba así la necesidad de excavar mucho terreno. Con este procedimiento tampoco era necesario excavar la altura total del

Avance de hincado de pilotes de túneles de cajón

El procedimiento de hincado de pilotes de túnel de cajón fue desarrollado por la compañía independiente John Ropkins Ltd. UK. La empresa del condado de Kent se ha especializado en este método de construcción de túneles que ha evolucionado a partir del hincado de pilotes de tubos de mediados de los años 60. Se trata de un procedimiento para la construcción de nuevas estructuras bajo infraestructuras existentes en la superficie que influye mínimamente en el tráfico u otras actividades.

Entre otros lugares se ha aplicado en la autopista M1 en Northamptonshire y ahora en la West Coast Main Line en Tipton. Al contrario que con el método de construcción tradicional con el que se originan considerables interrupciones en el tráfico e importantes inconvenientes en el entorno, esta técnica permite mantener el tráfico en la carretera o la vía durante el proceso de construcción, de forma que las afectaciones (y por tanto los costes) se limitan al mínimo.

túnel; las excavadoras tenían únicamente la misión de remover el material que era retirado por el cabezal de corte durante el avance.

Las tierras excavadas eran llevadas desde la obra a través de una ruta de transporte provisional hasta Tibbington, en una zona también conocida como «The Cracker». Se trata de una zona recreativa donde se han de crear nuevos espacios deportivos comunitarios, por lo que las tareas de eliminación de residuos y los movimientos de vehículos asociados a ella se limitaban al mínimo.

El túnel de cajón está revestido en la parte inferior con placas de acero y se construyó sobre 120 cables de acero que están dispuestos sobre la placa de avance. Los cables están engrasados para lograr una lubricación suficiente durante el avance. El cajón era desplazado hacia delante por tres grupos de seis pisonos con una fuerza de empuje de 200 toneladas. Mientras el cajón se movía hacia delante, se iban colocando debajo de ella otros 510 cables de acero. Estos cables de acero engrasados formaban la «vía» sobre la cual podían moverse hacia delante las placas de acero situadas debajo, reduciéndose así la fricción. El avance del túnel era supervisado por otra estación total Leica TPS1200+ que apuntaba a un prisma de 360° instalado sobre la estructura. De este modo se garantizaba un avance en la dirección correcta y el mantenimiento de la altura adecuada.

Mediante la utilización del software Leica GeoMoS y los instrumentos de Leica Geosystems en la auscul-

tación continua del estado de la vía y de las estructuras se lograron considerables ahorros en los costes. Los trabajos podían realizarse con la certidumbre de que los ingenieros eran advertidos sobre los movimientos potenciales del sistema antes de alcanzarse una medida crítica. El jefe de obras Jamie Beech: «Estábamos profundamente impresionados por la solución de auscultación automatizada de Leica Geosystems. Este sistema no sólo nos proporcionaba la precisión de medida, el detalle y la exactitud que precisábamos en este proyecto, sino que también nos transmitía una confianza ilimitada en el proyecto. Además, nos permitía recopilar información valiosa y analizarla, que después servía para demostrar al gestor ferroviario Network Rail que la infraestructura no había sido afectada. De este modo, también reforzábamos su confianza en el trabajo que estábamos realizando».

La efectividad de las soluciones aplicadas por BAM Nuttall en este proyecto está perfectamente demostrada por el hecho de que el hincado de pilotes del túnel de cajón y el restablecimiento del tramo de vía no sólo se concluyeron en las ciento una horas previstas sino dos horas y media antes de la finalización de la puesta en fuera de servicio del tramo. ■

Sobre el autor:
Hugh Anderson es director técnico de Leica Geosystems Ltd., UK.



Velocidad olímpica

por Hansruedi Amrein

Debido a su espectacular crecimiento económico y al desarrollo social, la República Popular China está extendiendo rápidamente su red ferroviaria. La elevada velocidad de crecimiento exige trabajar con rapidez: el plan de largo plazo del MOR (Ministry of Railways) presenta una ampliación de la red de los actuales 75.000 a los 100.000 km hasta el año 2020. Para aumentar la capacidad se están realizando tanto líneas de pasajeros como de mercancías. Cerca del 50% de la red total debe ser por tanto de doble vía y electrificada y la red debe cumplir las normas actuales en cuanto a calidad y confort. Al programa de construcción pertenecen también los recorridos de alta velocidad – entre otros el tramo de 114 km de largo entre Pekín y Tianjin, que une el escenario de las competiciones olímpicas de vela con la metrópoli olímpica de Pekín. Después de cerca de tres años y medio de construcción, el tramo se pudo inaugurar a tiempo para el comienzo de los juegos olímpicos de 2008.

El recorrido está concebido como vía fija y transcurre en su mayor parte sobre puentes debido a las malas condiciones del terreno. Esta nueva línea de alta velocidad es la primera de China que admite velocidades de hasta 350 kilómetros por hora y fre-

cuencias de paso de tres minutos. El tiempo de viaje de los 114 km que incluye tres estaciones intermedias es de alrededor de tres minutos. Los costes de construcción del nuevo tramo ascendieron a los 1.730 millones de dólares americanos.

La tecnología de Leica Geosystems Technologies en China

La tarea de medición abarcaba el posicionamiento altamente preciso de 24 agujas de cambio de alta velocidad, así como el completo control geométrico del recorrido de alta velocidad entre Pekín y Tianjin. El equipo de medición se topó con tres desafíos especiales durante la fase de construcción:

- Instalación rápida y efectiva de una red de puntos fijos altamente precisa y muy densa Control Point III (CPIII Network)
- Ajuste altamente preciso del asiento de vía en posición y elevación
- Lograr la máxima precisión de la posición de vía, con exactitud milimétrica para una dinámica de desplazamiento perfecta y un funcionamiento seguro y confortable, así como para ejecutar las soluciones de medición más moderna y potentes con la máxima precisión y destinadas a una construcción rápida.

Las exigencias se completaron mediante una amplia documentación y el certificado de cumplimiento de los parámetros geométricos de vía.

Sistema Amberg GRP 1000 con Leica TCRP1201+

En el tramo entre Pekín y Tianjin se emplearon hasta ocho sistemas de medición de vía fijos GRP 1000 del socio de Leica Geosystems Amberg Technologies, Suiza. Amberg Technologies es un proveedor líder de sistemas de soluciones especializados en la construcción de infraestructuras, especialmente en la construcción de vías y túneles. El sistema GRP 1000 se compone de un vagón de auscultación de vía, de columna de soporte de prismas, de módulo de software de vía fijo especial y de una estación total externa Leica TCRP1201+ controlada por radio. Esto permite la medición de vía precisa en el marco de secuencias de medición automatizadas. El sistema proporciona coordenadas de vía 3D en tiempo real, permite realizar mediciones de ancho de vía y peraltes y muestra directamente la divergencia de vía actual respecto a la posición teórica. La aplicación del sistema GRP 1000 permite el posicionamiento de precisión milimétrica rápido y simultáneo de las vías antes del hormigonado o las mediciones de aceptación de la geometría de vía con un rendimiento de hasta 700m por hora. El sistema GRP 1000 de Amberg ofrece además amplias posibilidades para la documentación final de vía.

Precisión milimétrica

El GRP 1000 en combinación con la Leica TCRP1201+ permitió la medición rápida y eficaz de las vías. Gracias al ingenioso concepto de manejo, que tiene en cuenta las exigencias especiales en la secuencia de construcción, han podido construirse los sistemas de vía con precisión milimétrica y documentarse ampliamente para el control de calidad. Los resultados de tiempo real contribuyeron considerablemente a la rápida ejecución de los trabajos de construcción. La medición precisa proporcionó la base para la autorización inmediata de los procesos subsiguientes (p. ej. hormigonado de la placa de vía y las agujas). Las posiciones incorrectas de las agujas pueden evitarse, ya que las agujas hormigonadas en su posición no pueden corregirse sin un costoso desmontaje. La aceptación final de vía sirvió como control de calidad y como documentación de entrega del contratista de obras al propietario. Los resultados de los análisis con el software de vía fija especial en desviaciones de posición y los criterios de geometría de vía relevantes formaban un complemento esencial para la aceptación de la dinámica de marcha con vehículos de auscultación de vías. ■



Tres sistemas clave

Para superar con éxito los desafíos de la técnica de medición se han empleado tres sistemas clave en los que se aplicaron estaciones totales altamente precisas de Leica Geosystems:

- 10 estaciones totales Leica TCA2003 para mediciones de red CPIII (Third Railway Institute)
- 22 Leica TCA1800 y Leica TCA2003 Estaciones totales para placas prefabricadas (sistema FF Bögl) y posicionamiento (China South Survey)
- 8 sistemas Leica GPS1201+ en el sistema fijo de medición de vía GRP 1000 de Amberg Technologies, Suiza.

Automatización para mayor eficiencia

por Daniel Brown

Bernie Schmidlein ha invertido recientemente en un control automático de motoniveladora. En primavera comenzó a utilizar el sistema, un Leica PowerGrade 3D, en su primer proyecto: con su equipo de Schmidlein Excavating explanó un terreno de cerca de 12,5 hectáreas para la construcción de un almacén para la cadena de almacenes de materiales de construcción Home Depot en Topeka/Kansas.

«Con cortadora de laminados, alambre guía y estaquillas de medición, hubiese durado tres o cuatro veces más», explica Schmidlein. Apenas 45 horas necesitó para el explanado fino del área del edificio de 4,25 ha. Además, también tuvieron que explanarse 8,3 ha para superficies de aparcamiento. Según sus valoraciones, el Leica PowerGrade 3D se habrá amortizado con dos proyectos más de esta magnitud.

El desmonte y el terraplenado de tierra se compensaron entre sí en esta obra. La cantidad de tierra total por remover ascendió a cerca de 153.000 m³, la altura máxima de desmonte y terraplenado fue de aprox. 3,7 m por cada cosa. «Todo nuestro procedimiento de nivelación era considerablemente más eficaz con el sistema de Leica Geosystems», afirma Schmidlein. «No es tanto en el volumen de las masas de tierra movidas con lo que se recupera el coste, sino en mayor medida en toda la superficie por nivelar».

Para la nivelación de la obra se necesitaron varias fases. En primer lugar, debieron desmontarse 15 cm

de tierra vegetal y acumularse para su reutilización posterior. Para este trabajo, Schmidlein utilizó tres grandes tractores agrícolas y un tractor de semi-remolque, cada uno de los cuales estaba equipado con cubetas de arrastre remolcadas. En el siguiente paso se añadió agua según necesidad y se escarificó el suelo con una oruga que arrastraba una plancha. «Luego comenzamos con las cubetas de arrastre con el trabajo de aplanado propiamente dicho y a llevar tierra al área de terraplenado. Por lo general utilizábamos orugas que distribuían el material que las cubetas de arrastre habían volcado. El material terraplenado lo compactábamos con un rodillo de pata de cabra. Y en las zonas en las que debía desmontarse tierra, utilizábamos una explanadora Caterpillar D6N que estaba equipada con el sistema GPS de Leica Geosystems», explica Schmidlein. «A bordo de la oruga estaba instalada la unidad de control que podíamos manejar con la estación base en nuestro taller a aprox. 21 km de distancia».

«Las señales se corregían mediante una señal de módem de radiocomunicación móvil desde la estación de referencia en el taller de Schmidlein», explica Bob Parker de Laser Specialist, el distribuidor de Leica Geosystems. «La estación de referencia está conectada a Internet y tiene su propia dirección de Internet. Los usuarios pueden comunicarse in situ con la estación mediante el módem de radiocomunicación móvil».

Según Schmidlein, las cubetas de arrastre terraplenaban entre 180 y 230 cm de tierra en la superficie de la edificación. La oruga, equipada con los instru-



mentos de Leica Geosystems, nivelaba el material con una precisión de ± 3 cm. El GPS, según Schmidtlein, permite una precisión vertical de 2 cm, pero se quería dejar 3 cm de altura para la motoniveladora. Bob Parker añade: «El sistema Leica GradeSmart 3D muestra al conductor de la motoniveladora un plano detallado y la posición exacta horizontal y vertical de la pala».

La instalación del sistema GPS y del sistema PowerGrade 3D es relativamente sencilla, opina Schmidtlein. «Recibimos un archivo CAD por parte del ingeniero y después mi hijo lo convierte en un modelo 3D: un modelo digital del terreno. Éste viene en una tarjeta flash, que instalamos en nuestras dos niveladoras, en la motoniveladora para el aplanado fino y en la estación móvil».

La motoniveladora de Volvo, equipada con el sistema Leica PowerGrade 3D, trabaja con una precisión más elevada que el sistema GPS, a saber, de 3 a 5 milímetros. Cada mañana, Schmidtlein instala la estación total sobre dos puntos de control, tarea para la que sólo necesita unos diez minutos. «La estación total motorizada sigue a la niveladora a todas partes de la obra. La información de posición en la estación total se actualiza 12 veces por segundo y se compara continuamente con el modelo 3D en la niveladora. Se generan informaciones sobre la excavación y el terraplenado, y el movimiento necesario es enviado desde el Leica PowerGrade a la válvula hidráulica regulada electrónicamente de la niveladora. Esta válvula está conectada con los cilindros hidráulicos de la máquina, con los que puede automatizarse la

elevación, la inclinación transversal y la pala niveladora (Side Shift)».

Luego se montó el material de balasto. Sobre la superficie del edificio se distribuyó cal para estabilizar el suelo, mientras que para las superficies de aparcamiento se empleó ceniza pulverizada como material menos caro. Ambos materiales se introdujeron con ayuda de un estabilizador a cerca de 23 cm de profundidad en el suelo. Luego se realizó la compactación. Le siguió el nivelado fino con una motoniveladora que estaba equipada con el sistema Leica PowerGrade 3D. La precisión fue de $\pm 0,6$ cm. A continuación, se terraplenó tanto la superficie del edificio como la de los parkings con una capa de grava de 15 cm.

«El sistema de Leica Geosystems nos ha ahorrado una cantidad de trabajo inmensa», afirma Schmidtlein. De haber empleado una cortadora de laminados y un alambre de guía se hubiesen necesitado cuatro personas para la preparación del rasante. «Y hubiésemos tardado de tres a cuatro veces más», afirma Schmidtlein. «Con un alambre de guía hubiésemos necesitado de 90 a 120 horas. Después de la primera utilización del sistema, realicé un control de la nivelación con un láser de rotación para comprobar si habíamos trabajado de modo realmente tan preciso como nos habían prometido. El resultado fue tan preciso que ya he dejado de comprobar la nivelación cuando la niveladora termina su trabajo». ■

El autor: Daniel Brown es periodista freelance y está titulado por la Iowa State University en periodismo de ingeniería.

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

Brasil

Comercial e Importadora WILD Ltda.
São Paulo
Tel. +55 11 3142 8866
Fax +55 11 3142 8886

China

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
Munich
Tel. +49 89 14 98 10 0
Fax +49 89 14 98 10 33

Finlandia

Leica Nilomark OY
Espoo
Tel. +358 9 6153 555
Fax +358 9 5022 398

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

Elcome Technologies Private Ltd.
Gurgaon (Haryana)
Tel. +91 124 4122222
Fax +91 124 4122200

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.
Wateringen
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

Leica Geosystems Techn. Pte. Ltd.
Singapur
Tel. +65 6511 6511
Fax +65 6511 6500

España

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

Sudáfrica

Hexagon Geosystems Ltd.
Douglasdale
Tel. +27 1146 77082
Fax +27 1146 53710

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, 2009. 741806es - XI.09 - 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

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems