



Nuestra portada:

*Cartel del TOP-CART 2004
(idea original de Juan Antonio García
Rodríguez, desarrollada y realizada por
Manuel Mesa Martínez)*

**Vol. XXI - N.º 124
Septiembre-Octubre
2004**

DIRECTOR

Carlos Barrueso Gómez

*

CONSEJO DE REDACCION:

Junta de Gobierno del Colegio
Oficial de Ingenieros Técnicos
en Topografía

*

DIRECCION, REDACCION,
ADMINISTRACION Y
PUBLICIDAD

Avenida de la Reina
Victoria, 66, 2.º C
28003 Madrid

Teléfono 91 553 89 65

Fax: 91 533 46 32

topografiaycartografia@top-cart.com

Depósito Legal: M-12.002-1984
ISSN: 0212-9280

Título clave: TOPCART
Topografía y Cartografía

Fotocomposición e impresión:
ALBADALEJO, S.L.

Los trabajos publicados expresan sólo
la opinión de los autores y la Revista
no se hace responsable de su contenido.

Prohibida la reproducción parcial o total
de los artículos sin previa autorización
e indicación de su origen.

Esta revista ha sido impresa en papel
ecológico

TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE
INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

Sumario

Editorial	3
Control Automático de Deformaciones. Medición de Convergencias en el túnel de la M-III	6
Javier Peñafiel y Ángel Canales	
Cartografía aplicada a la creación de maquetas a escala de gran y pequeño tamaño. De las UTM a las coordenadas de mecanización	13
Luis Javier Cruchaga	
Evaluación de una Cámara Digital No Métrica (CANON D30) para el levantamiento fotogramétrico de edificios históricos. Iglesia de Santo Domingo de Silos (siglo XIV), Alcalá la Real, Jaén	18
J. Cardenal, E. Mata, P. Castro, J. Delgado, M. A. Hernández, J. L. Pérez, M. Ramos y M. Torres	
TOP-CART 2004	29
GPS Cinemático de Precisión para la determinación de Puntos en los Aeropuertos	38
Jorge Moya Zamora y Julio Roldán Rodríguez	
Análisis y aplicación de la Transformación K-L y sus características de información	44
Feng Xiang Jin y Shi Feng Ding	
Técnicas Innovadoras en la Administración Territorial: Reparcelación Estructurada para el Desarrollo Territorial Moderno	48
Martijn J. Rijdsdijk	
Calibración de Teodolitos mediante Polígonos Ópticos	59
Javier Sánchez Ruiz, Javier Bisbal Martín, María Ana Sáenz Nuño	
Introducción al concepto de Redes VRS (Virtual Reference Stations)	64
Christian Luttenberger y Miguel Amor	
Novedades Técnicas	74
Índice Comercial	79

TCP

Informática y Topografía

Aplicaciones para Dispositivos móviles

Replanteo y Toma de Datos
con GPS y Estación Total

Control de Obras de Túneles

Gestión de Dibujos con
potente CAD
(DWG, DXF y Raster)



TCP-MDT V4

Múltiples Superficies
Puntos Inteligentes
Secciones de Autovía
Recorrido Virtual

Compatible con
AutoCAD® 2004 y 2005



Edición de Cartografía
Cubicación Rápida
Parcelación

Orto 3D

Visualizador 3D a partir de
Ortofotos y MDE



TCP-IT

TCP Informática y Topografía

C/ Sumatra, 11
E-29190 Málaga (España)
Telf: 952 43 97 71
Fax: 952 43 13 73
E-Mail: tcp@tcpit.es

autodesk
authorized developer



Queridos compañeros:
La publicación de este número de la revista coincidirá con la celebración del VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART'04, máximo evento profesional de los organizados por este Colegio.

Es esta, como siempre lo ha sido, una ocasión magnífica para el encuentro de todos nosotros y, además de la alegría de volver a ver caras conocidas y amigas, conocer cuáles son las novedades que en nuestro campo profesional se han producido, así como las que el desarrollo uniformemente acelerado de las tecnologías afectan, o afectarán, a más corto o largo plazo, a nuestros campos de actividad.

Se cumple, así mismo, este año, el quincuagésimo aniversario de la creación de los estudios de Topografía, según Decreto de 24 septiembre de 1954 (BOE del 27 de octubre de 1954). Muchos han sido los cambios que nuestra formación y nuestra actividad profesional han experimentado desde entonces; quiero creer que la gran mayoría de ellos, si no la totalidad, han sido para el bien de nuestra profesión, nuestros profesionales y la sociedad a la que servimos.

Desde aquellos viejos tiempos, en que hubo que abrir campos de actividad donde nuestros compañeros pudieran ejercer su trabajo (todo ello con enormes esfuerzos y con una calidad y responsabilidad profesional inigualables y que supieron transmitir a sus sucesores), hasta hoy, donde esas actividades han crecido de manera exponencial, han variado vasta y profundamente y se han creado nuevas parcelas del mercado bajo la tutela de nuestros profesionales; mucho hemos variado todos: profesión y profesionales. Vaya, desde esta editorial, nuestro recuerdo, emocionado y agradecido, para cuantos tanto y tan bueno hicieron por esta profesión y por todos nosotros.

Hoy estamos inmersos, una vez más, en una reforma de nuestros estudios que, sin duda, traerá cambios, de fondo y forma, en nuestra profesión, y todo ello a corto y medio plazo. El "libro blanco" de esta ingeniería es el primero que ha sido publicado por ANECA (Agencia Nacional para la Evaluación de la Calidad y Acreditación) y será, si todo va como está previsto tanto en el Consejo de Coordinación Universitaria como en el Ministerio de Educación, una de las primeras ingenierías, si no la primera, en incorporarse a la nueva estructura, producto del llamado "Acuerdo de Bolonia"; es éste un trabajo que hemos realizado, conjuntamente, este Colegio, las Universidades que cuentan con estudios de nuestra especialidad y la Asociación de Ingenieros en Geodesia y Cartografía; habremos, entre otras cosas, de cambiar de nombre, pasando a llamarnos "Ingenieros en Geomática y Topografía", tendremos cursos de Master, de uno o dos años de duración, y acceso al Doctorado, de acuerdo con los borradores de los R. D. de Estudios de Grado y Postgrado, de próxima publicación.

Toda esta renovación y el hecho histórico de celebrar el medio siglo desde la "oficialización", en los tiempos modernos, de nuestra carrera, han hecho aconsejable la organización de una jornada de mañana, el día 21, dedicada a estos acontecimientos, tal como podeis ver en el programa de actividades de nuestro Congreso.

Quiero, finalmente, invitaros a todos, cordial y cálidamente, a participar en este Congreso que pertenece y se organiza por y para cuantos constituimos este colectivo de Ingenieros Técnicos en Topografía, Colegiados, que hemos hecho de la Topografía nuestro mundo profesional y al que nos dedicamos, con celo y responsabilidad, para servir, de la mejor manera posible, a la sociedad en la que nos hallamos incardinados.

Un fuerte abrazo.

Pedro J. Cavero Abad
DECANO DEL COITT

A wide-angle photograph of a vast, flat, grassy landscape, likely a tundra or steppe. The ground is covered in low-lying, dry, yellowish-brown vegetation. The horizon is a straight line in the distance. The sky is a deep, dark blue, suggesting an overcast or stormy day. The text is overlaid on the upper portion of the image.

Quienquiera que haya dicho que el mundo es pequeño, es que nunca ha tenido que topografiarlo



cas Comerciales de los Estados Unidos.

Los grandes trabajos requieren una solución topográfica completa. Una solución que sea precisa, ultrarápida y totalmente interfuncional. Como el líder reconocido en sistemas GPS y topografía óptica, Trimble simplifica el flujo de trabajo desde el inicio hasta la finalización, diseñando sus productos para que funcionen de forma conjunta e ininterrumpidamente. Toda nuestra familia de herramientas y software topográfico incrementa la productividad, reduce el tiempo de aprendizaje y mejora el flujo de trabajo general.

Y puesto que nuestros equipos están diseñados por topógrafos para topógrafos, puede estar seguro de que podrá medir todo con precisión, incluyendo su propio éxito en la tarea realizada.



*Technology Solutions for
the Right Place and Time*

www.trimble.es

Trimble Ibérica

Tel. (+34) 913510100

Fax (+34) 913513443

Control Automático de Deformaciones. Medición de Convergencias en el túnel de la M-111

Javier Peñafiel y Angel Canales

DPTO. INGENIERÍA Y SISTEMAS DE LEICA GEOSYSTEMS

Resumen

En el mundo del control el cuidado y la precisión han sido siempre el requisito y el objetivo. Conseguir el objetivo de la precisión, por tanto, siempre ha sido una labor tediosa realizada con un instrumental específico y por unos profesionales muy especializados. Afortunadamente, la tecnología actual permite emplear instrumentos precisos y que incluyen ayudas a la medición. Además, la posibilidad de poder ser controlados remotamente permite no sólo reemplazar las clásicas y tediosas labores de observación, sino también los cálculos, aportando una solución mucho más rápida y productiva que garantiza las precisiones necesarias en un trabajo de éstas características.

Un ejemplo de lo que son capaces este tipo de sistemas es el control automático de deformaciones en el túnel de la M-111.

I. ANTECEDENTES

Con el Proyecto de Ampliación del Aeropuerto de Barajas se vieron afectados no sólo el propio aeropuerto, sino también sus alrededores. Un proyecto de esta envergadura supone actuaciones como el desvío de cauces fluviales y modificaciones en las infraestructuras próximas.

Una de estas actuaciones hizo necesario el desvío y soterramiento de la carretera M-111, que conecta Barajas con el municipio madrileño de Paracuellos del Jarama.

Estas obras, que se enmarcan en el Plan de Infraestructuras de Transportes 2000-2007, supusieron el desvío y soterramiento de 3.530 metros de la misma, con el fin de evitar su paso por las instalaciones aeroportuarias.

El proyecto fue realizado en dos fases. La primera consistió en el desvío y soterramiento de la carretera a través de la construcción de un falso túnel que pasa por debajo del edificio satélite, la plataforma de estacionamiento de aeronaves y una de las nuevas pistas de vuelo. En concreto, el túnel está formado por cuatro ojos y está dotado de los últimos sistemas de seguridad y control. La segunda fase consistió en la duplicación de la calzada entre el final del túnel y la glorieta de Paracuellos.

Estas obras conllevan la reubicación y reposición de algunos servicios, tales como agua, electricidad,

telefonía y colectores, así como la construcción de vías de servicio interiores y acceso a la nueva Torre de Control.

El punto mas bajo del túnel será de 24 metros bajo rasante, constituido por 4 tubos, los dos centrales son dos carriles de circulación cada uno, que están destinados a la M-111, con una capacidad para 6.000 vehículos en hora punta, los dos laterales serán para los diferentes servicios del aeropuerto e instalaciones.

Precisamente, el posterior soterramiento de la estructura del túnel con más de 20 metros de tierra sobre él hacía necesario un seguimiento y control.

La monitorización de las deformaciones que el túnel sufría según se iban acumulando sucesivas tongadas de tierras sobre él, permitía estudiar el comportamiento de la estructura y garantizar su seguridad.



2. CONTROL AUTOMÁTICO DE DEFORMACIONES DEL TUNEL DE LA M-111

2.1. Objetivos

El objetivo es controlar las convergencias en el túnel en los puntos críticos y para ello es necesario que el sistema de control empleado sea preciso, continuo y extenso.

Preciso, porque las deformaciones que deben detectarse son deformaciones submilimétricas.

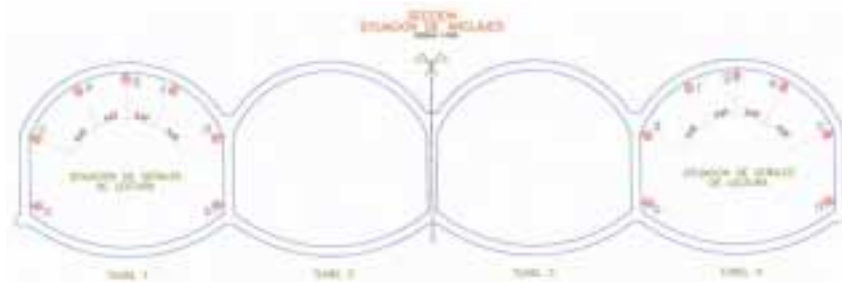
Continuo, porque las condiciones de carga del túnel varían constantemente.

Extenso, porque dada la dimensión y la composición múltiple del mismo son muchos los puntos a ser controlados.

2.2. Características de los puntos a controlar

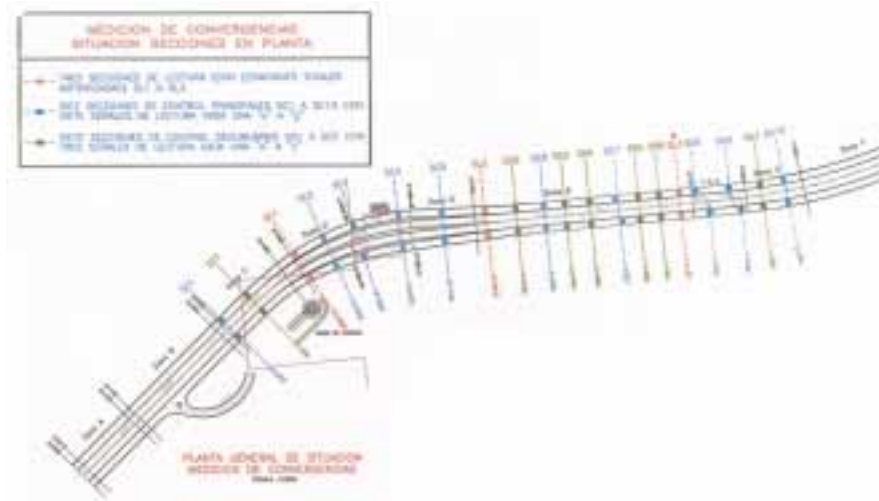
La estructura del túnel se basa en una unidad o módulo de hormigón de 12 m de longitud. De este modo, la sucesión de éstos módulos consigue definir la estructura final del túnel.

Se necesita controlar las deformaciones en los tubos 1 y 4, dado que son éstos tubos exteriores donde se esperaban que aparecieran las mayores deformaciones.

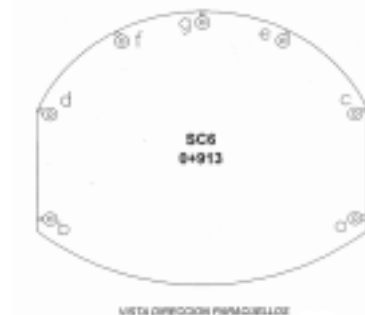


Se requiere controlar un total de diecisiete secciones del túnel agrupadas en dos categorías:

- Diez Secciones de Control Principal (SC1 a SC10)
- Siete Secciones de Control Secundaria (SS1 a SS7)



Las Secciones de Control Principal están definidas por siete puntos a controlar definidos según la siguiente configuración.



Las Secciones de Control Secundario constan de sólo cuatro puntos.



Dichos puntos se encuentran, salvo excepciones específicas, dentro de una sección transversal del módulo a controlar, lo más centrado posible en el mismo. Se establece un límite mínimo de proximidad a la junta de 2 metros.

Las excepciones se encuentran en las Secciones de Control Principal SC1, SC3, SC4, SC8 y SC9, donde al tratarse de módulos próximos a otras estructuras (Edificio Satélite y Túnel de Servicios Aeroportuarios) más próximas a éstas.

Así, en las secciones singulares SC3 y SC4, la colocación de los prismas no será en el centro del módulo, sino próximo a la junta, en torno a 30 o 50 cm.

Las secciones singulares SC8 y SC9 son de tipo "cajón" (y no de tipo bóveda), en estos casos sólo se controlarán los puntos **a**, **b**, **c** y **d**.

La definición de las secciones sobre las que había que hacer el seguimiento y control, así como los puntos en cada una de las secciones, fueron determinados por la Dirección Facultativa del Control de la obra.

En total nos encontramos con 184 puntos que deben ser medidos, controlados y monitorizados de modo continuo.

2.3. Medios empleados

Para conseguir este objetivo, cumpliendo los requisitos prefijados, se empleó un sistema com-

puesto de estaciones totales motorizadas con auto-reconocimiento del prisma. Éstas eran controladas desde un centro de control que no solamente era capaz de gestionarlas, sino que además calculaba y analizaba en tiempo real los desplazamientos sufridos en los puntos a controlar.

La estación total requerida fue la **TCA2003** de **Leica Geosystems**, dadas su excelentes especificaciones técnicas. La estación TCA2003 es la única estación total motorizada con auto-reconocimiento de prisma con una precisión angular de $1,5''$. Por otro lado, su distanciómetro ofrece una precisión en la medida de distancias de $1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ en medidas hasta 3,5 kilómetros. Sin embargo, en medidas inferiores a 120 metros consigue unas precisiones inferiores a 0,5 milímetros. Por tanto, estamos ante la única estación capaz de garantizar las precisiones necesarias en las observaciones. Para poder controlar tal número de puntos se dispusieron de un total de seis estaciones TCA2003, colocando tres en cada tubo.



Estas estaciones se controlan mediante el software **GeoMoS** de **Leica Geosystems**, el cual se compone de dos módulos. El módulo *Monitor* es una aplicación en tiempo real responsable de gestionar las estaciones, los ciclos de medición y recoger los datos de las observaciones. El módulo *Analyzer* es la aplicación de análisis responsable de calcular y analizar los resultados de las observaciones y emitir informes. Los resultados pueden ser mostrados gráfica y numéricamente.

En total, más de 200 prismas fueron empleados para materializar los puntos a controlar; así como los necesarios puntos de referencia de orientación.



Las estaciones fueron ancladas al túnel mediante estructuras metálicas de gran rigidez y estabilidad impidiendo cualquier tipo de vibración. Dichos estacionamientos disponen de centrado forzado que garantizan su reposición exacta en caso de necesitar ser reemplazadas.

Por su parte, los prismas se anclaron lo más próximo posible al punto a controlar. En aquellos casos donde la visual directa no era posible se utilizaron extensiones metálicas que permitieran la visual.

2.4. Procedimiento de Instalación.

2.4.1. Determinación de los Estacionamientos y Puntos de referencia de Orientación

La determinación de los estacionamientos se definió según dos criterios claros:

- Optimizar el número de estaciones necesarias para controlar el mayor número de secciones posibles.
- Garantizar la visuales a los puntos de referencia con los cuales poder estacionar el instrumento antes de cada serie de mediciones.

El primer criterio es de gran importancia, pero es en el segundo donde encontramos el de mayor condicionante. Las estaciones totales se encuentran necesariamente unidas a la propia estructura de la cual se han de controlar los movimientos y deformaciones. Por tanto, la propia posición del estacionamiento sufrirá cambios a lo largo del tiempo. Solamente podremos tener un control absoluto (y no sólo relativo) de las deformaciones del túnel, si antes de cada serie de mediciones determinamos las coordenadas del estacionamiento.

Los puntos de referencia de orientación son difíciles de encontrar dentro de un túnel del cual esperamos que se mueva continuamente, por tanto hay que buscarlo fuera del propio túnel. En el caso de la M-111, encontramos estos puntos en el Edificio Satélite y el T.S.A., que son estructuras totalmente independientes del túnel a controlar y que, dadas las condiciones, podemos considerar como fijas.

Estos criterios definieron las secciones donde se encontrarían las estaciones totales.

Una vez definida la sección quedaba determinar la posición exacta, dentro de ésta donde se anclaría el soporte de la estación. En esta fase primaron los criterios de visibilidad de los puntos a controlar. Los principales obstáculos encontrados fueron la señalización del túnel, los ventiladores, instalaciones existentes, etc.

Los tubos a controlar tienen diferentes usos.

El tubo 1 es de instalaciones, por lo que se encuentra bastante libre de obstáculos en 2/3 de su sección. Esto invitaba a colocar las estaciones lo más elevadas posibles, incluso en la clave.

Sin embargo, el tubo 4 está destinado a las comunicaciones rodadas internas del aeropuerto. Por tanto, además de tener tráfico rodado, la propia señalización e instalaciones propias de un túnel de estas características limitaba mucho el lugar de estacionamiento.

2.4.2. Replanteo y materialización de las secciones

Antes de determinar la ubicación definitiva de las estaciones se emplearon unos estacionamientos muy provisionales, sobre plataformas móviles, con objeto de replantear la sección a medir desde una posición lo

El NUEVO estándar en nivelación



Por fin, un nivel digital por sólo un poco más que un nivel óptico

1



Apunta



2



Mide



3



Resultado



LEICA SPRINTER - tan fácil como contar 1- 2- 3

Para más información, contacte con nosotros:

Madrid: 91 744 07 40

Barcelona: 93 494 94 40

Sevilla: 95 428 43 53

Bilbao: 94 447 31 04

Leica
Sprinters

más semejante posible a la ubicación definitiva. El empleo de estas plataformas nos permitiría modificar la posición del estacionamiento en caso de no poder visualizar todos los prismas. Una vez garantizada la visibilidad de los prismas que se colocarían en cada sección (dentro del margen de tolerancia predefinido), se procedía a marcar dicha sección.

Por tanto, cuando se consiguió garantizar la visibilidad a todas las secciones, se procedió a marcar la posición de la estación como definitiva.

A continuación, sólo queda la materialización de todos los soportes necesarios para la estación y para las decenas de prismas. En aquellas localizaciones donde no era posible la visual desde la estación, se habilitaron extensiones metálicas rígidas ancladas en el punto a controlar, de modo que los desplazamientos del punto serán transmitidos solidariamente al prisma. Estos trabajos previos de comprobación de visuales permitieron también determinar el número de extensiones necesarias, así como sus dimensiones.



Extensiones necesarias en la sección SC10 del tubo I

Para garantizar la conservación de los prismas y estaciones se cubrieron jaulas metálicas y de cristal.

2.4.3. Alimentación y Comunicaciones

El hecho de necesitar mediciones de manera continua y el difícil acceso a las estaciones requiere una instalación eléctrica que lleve 12v a cada una de las estaciones.



La gestión de las estaciones desde el Centro de Control se hace vía red local de AENA, mediante fibra óptica, aprovechando la red de comunicaciones instalada para el control y seguridad propios del Centro de Vi-

gilancia del Túnel. Es decir, las estaciones están controladas remotamente desde un Centro de Control situado a más de 4 kilómetros de las estaciones y los prismas a controlar.

2.5. Trabajos topográficos previos

Los trabajos topográficos previos consistieron en la observación de una poligonal que, partiendo de coordenadas arbitrarias, permitió dotar de coordenadas a los puntos de referencia así como a los estacionamientos.



Esta poligonal permitió relacionar de manera absoluta todo el conjunto del túnel, así como sus futuras observaciones. Si bien lo que requiere nuestro objetivo es la determinación de los puntos a controlar en modo relativo (Convergencias), se procedió a realizar esta poligonal para introducir unas coordenadas absolutas al software de gestión (GeoMoS).

Así, una vez realizada completamente la instalación de prismas, estaciones, alimentación y comunicaciones, etc. y una vez determinadas las coordenadas definitivas de los puntos de referencia, podemos comenzar la monitorización de las deformaciones del túnel.

2.6. Control Remoto y Monitorización

El software GeoMoS, instalado en el Centro de Control, requiere una fase de definición. En esta fase previa se definen los grupos de prismas a medir, que en nuestro caso agrupamos por secciones a controlar. Después asignamos las secciones a cada estación, desde la cuál se llevará a cabo su control. Definimos los puntos de referencia con sus coordenadas, así como cuáles debe utilizar cada estación en sus estacionamientos.

El software permite configurar la cadencia entre las series de observaciones, de modo que cada hora comienza una serie de mediciones a los puntos a controlar.

Una serie comienza con las ordenes oportunas a cada una de las estaciones para que calcule sus coordenadas de estacionamiento. Para esto realizan lecturas a los puntos de referencia correspondientes, midiendo a cada uno de ellos en CD y CI en dos ocasiones. Por triangulación inversa múltiple se calculan las coordenadas de estacionamiento a partir del promedio de las observaciones y de aplicar un ajuste por mínimos cuadrados.

Con la determinación correcta de las coordenadas de estación y su orientación, se inicia una serie de observaciones a los prismas de las secciones a controlar. Cada prisma es medido en CD e CI en dos ocasio-

nes. Con el promedio de estas observaciones se calculan las coordenadas del prisma en ese momento.

Las observaciones se realizan de manera simultánea en las seis estaciones. Estas observaciones se van registrando en el ordenador de control por **GeoMoS Monitor** y, a la vez, **GeoMoS Analyzer** calcula y registra las coordenadas, además de analizar los desplazamientos sucesivos de cada uno de los puntos controlados.

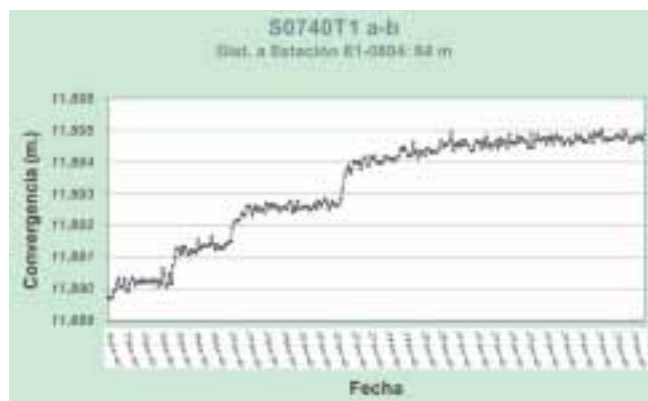
Si estos desplazamientos superaran los límites prefijados en el software, éste es capaz de reproducir una señal de alarma, o incluso enviar un mensaje por e-mail o SMS al administrador o responsable del control.

La exportación de las coordenadas obtenidas en cada momento permite de manera muy sencilla obtener las convergencias entre los pares de puntos que queramos analizar.

El sistema comenzó a trabajar el 16 de Junio de 2003. Desde entonces las estaciones continúan realizando sus series de observaciones cada hora. El software de control continua engrosando su base de datos con nuevas coordenadas y cálculos de convergencias de manera continua, día y noche, cada hora. En estos momentos, septiembre de 2004, el sistema continúa con sus mediciones y control sistemático sin descanso, proporcionando datos y dando tranquilidad a los responsables, porque saben que la estructura está controlada.

3. TABLAS Y GRÁFICOS

Los resultados obtenidos confirman las deformaciones previstas. Una vez determinada la representación gráfica de las convergencias de los puntos medidos a lo largo del tiempo, confirma la tendencia de las deformaciones.



Esta gráfica corresponde a la convergencia de los puntos de control **a** y **b** de la sección del PK740 del tubo 1, durante el periodo del 16 de junio de 2003 al 30 de junio de 2003. Éste es sólo un ejemplo de la cantidad de datos disponible para el análisis, ya que por cada una de las 17 secciones controladas en cada tubo, se pueden calcular todas las convergencias disponibles, lo que supone tener cientos de convergencias calculadas y actualizadas cada hora.

A lo largo del tiempo se puede evaluar el grado de resistencia de la estructura en tiempo real, parando los trabajos de carga si en algún momento se excediesen los límites de seguridad de la misma.

Hemos seleccionado esta gráfica, en este periodo de tiempo tan concreto, porque se observan saltos de aproximadamente 1 mm. Esto es debido al valor de la convergencia después de cargar tongadas de 1 metro sobre la estructura. Este valor era el esperado por los facultativos de la obra ante este tipo de carga.

La tendencia, después de las variaciones, son fruto del asentamiento y no de cargas posteriores.

4. CONCLUSIONES

Los sistemas automáticos permiten un control continuo de las deformaciones. Esto supone una gran ventaja frente a los métodos existentes hasta el momento, que son mucho más lentos. De este modo podemos trabajar con mayor seguridad y tener más control al alcanzar un control en el tiempo.

Mientras los métodos clásicos requieren de personal especializado, en los sistemas automáticos desaparecen las posibles errores humanos. En un sistema automático los errores son de tipo sistemático y por tanto pueden ser determinados y compensados. Por tanto, garantiza una uniformidad y calidad en las observaciones.

Un sistema automático permite controlar puntos inaccesibles, donde una vez instalado no es necesario volver a acceder.

Éstas son algunas de las ventajas encontradas a la hora de utilizar un sistema automático de control que puede, en casi todas las circunstancias, reemplazar a los métodos clásicos.

El control de deformaciones automático del túnel de la M-111 no hace sino demostrar la fiabilidad y optimización de recursos de este sistema para tareas de control de todo tipo, más aún teniendo en cuenta que fue instalado en junio de 2003 y hoy está funcionando, proporcionando medidas fiables constantemente. Y además, no sólo pueden aplicarse al control de deformaciones de túneles, sino también a otras tareas de control tales como deslizamientos de taludes, control de presas, monitorización de grandes estructuras, hundimientos, etc.

5. AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer al personal técnico de OHL e INDRA Sistemas la confianza depositada en nosotros al apostar por un sistema innovador en este tipo de controles, único en el mundo desde el punto de vista de envergadura y desde el punto de vista de las comunicaciones empleadas para su control.

También quisiéramos agradecer a AENA las facilidades dadas a la hora de acceder a las instalaciones afectadas, lo cual nos permitió agilizar todas nuestras labores de instalación.

Por supuesto, también a las personas y empresas que participaron en las diferentes fases de instalación, haciendo mención muy especial a Gregorio Rodríguez (INDRA SISTEMAS), José Luis Ortega (INDRA SISTEMAS), Daniel Gutiérrez (Leica Geosystems) y a Jorge Zayas (Leica Geosystems). ■

Cartografía aplicada a la creación de maquetas a escala de gran y pequeño tamaño. De las UTM a las coordenadas de mecanización

Luis Javier Cruchaga

Resumen

En este artículo se analiza el trabajo de creación de maquetas, para parques temáticos y otros usos, generadas a partir de modelos tridimensionales del terreno y mediante el uso de fresadoras mecánicas que trabajan sobre diferentes materiales con precisión milimétrica. Mediante esta metodología se obtienen calidades perfectas en la representación del terreno en las maquetas, al pasar directamente de coordenadas UTM a coordenadas de mecanización, sin límites en los tamaños de las representaciones y a costes muy reducidos para la exactitud ofrecida.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen tres maneras principales de comercialización cartográfica. Por un lado, está la venta de cartografía en papel, la forma más clásica usada hasta ahora. En segundo lugar y de manera cada vez más destacada, aparece la venta de la cartografía digital, más asociada al uso de la tecnología GPS. Y por último encontramos una tercera forma de comercialización, se trata de las maquetas a escala de distintas zonas, en las que aparecen plasmadas a diferentes escalas y tamaños tanto la orografía como la información planimétrica y toponímica del mapa. Este último tipo de cartografía se presenta realizada en diferentes materiales, aunque el que generalmente prima es el plástico, por economía y ligereza.

En este artículo se va a describir un novedoso método de generación de este tipo de cartografía en maqueta, en la que se ha desarrollado un proceso de trabajo para la creación de ésta sin limitar la escala, tamaño, precisión o material, y sin la necesidad de ninguna intervención humana en el tallado de las mismas. De esta manera se obtiene un producto final perfecto y a un muy reducido coste, que hace mucho más viable la producción de este tipo de cartografía.

maqueta a escala del Pirineo Aragonés, con unas dimensiones lo suficientemente grandes como para poder visitar la gran maqueta desde el interior de la misma, a modo de paseo a escala por el Pirineo. Las dimensiones de la maqueta (105 metros de ancho por 19 metros de largo) y el querer realizarla perfecta a escala del Pirineo existente, hace que se cree un equipo conjunto formado por la empresa PRAMES (Luis Javier Cruchaga) e ICP (Julio Luzán), en el que se comienzan a gestar las primeras ideas para poder llevar a buen puerto la realización de la gran maqueta del Pirineo.

Una de las primeras premisas con las que se cuenta es la necesidad obligada de minimizar al máximo posible, o incluso evitar, la intervención del hombre en el tallado de los moldes iniciales. La interpretación del terreno por un artista que plasma de manera más o menos fidedigna una representación del mismo, debía ser evitada para conseguir unas calidades de producto final a escala con la rigurosidad solicitada. Si no es la mano del artista la que talla el molde, debería ser sin lugar a dudas una máquina la que haga dicho trabajo y la que genere de manera sistemática todas las representaciones del terreno. Es por lo que todo el proceso de tallado giraría en torno a una fresadora mecánica de precisión, a la que se le debía suministrar toda la malla de coordenadas del Pirineo para obtener los moldes finales de la maqueta.

2. CONTENIDO

2.1. Necesidades de un proyecto

Fue a finales del 2003 cuando en la gerencia del nuevo Parque Temático de los Pirineos, PIRENARIUM, nace la idea de la creación de una gran

2.2. Fresadoras y cortadoras de hilo

Al estar condicionado el proyecto al uso de una máquina capaz de realizar dicho tallado, se pasa al análisis de las diferentes opciones existentes en el mercado y que sean capaces de poder llevar a cabo el traba-

Una poderosa nueva incorporación al
más productivo conjunto de soluciones
de medición de la industria ...

MENSI 3D Láser escáners



Presentamos la más reciente incorporación a nuestra línea de soluciones de Topografía Integrada "toolbox" de Trimble, los sistemas de láser escáner MENSÍ 3D ahora forman parte de la familia Trimble. Altamente avanzados y muy potentes. Los escáners MENSÍ y el software RealWorks Survey v.4 le ofrecen versatilidad y productividad para realizar cualquier tarea que pueda plantearse hoy en día y al mismo tiempo le permitirán incrementar las oportunidades de negocio. Incorpore una de estas soluciones a su empresa y se sorprenderá de lo lejos que podrá llegar con ella.

TRIMBLE. SIEMPRE UNA GENERACION POR DELANTE.

Para conocer más detalles acerca de cómo las soluciones de medición MENSÍ pueden ayudarle a ampliar sus posibilidades, visite: www.trimble.com/mensi

DISTRIBUIDOR EN ESPAÑA:



Santiago & Cía. Iberica, S.A.
Calle José Echegaray, nº 4
P.A.E. Castellón 50
20100 Alcorandera Madrid (España)
Tel: +34 902 12 06 70 - Fax: +34 902 12 06 71
www.santiagoiberica.es





Figura 1. Poliestireno utilizado para la talla de los módulos por la fresadora

jo con la precisión y rigurosidad necesarias. Tras el análisis de las diferentes opciones, se escogen dos para la realización.

Por un lado, se puede realizar el molde inicial de la maqueta mediante el uso de máquinas de hilo cortante. Este tipo de maquinaria lo que va cortando es material plano a modo de planchas y de un grosor determinado. Realmente lo que la máquina corta no es ni más ni menos que cada una de las curvas de nivel que componen el mapa. Para su posterior montaje, es necesario unir y apilar todas las planchas para que nos quede la maqueta, en este caso escalonada, de la zona a representar. Una vez obtenida la representación del terreno por "lonchas", hay que suavizarlas y darles las texturas correspondientes a las laderas escalonadas, para que sean suaves y reales. Este tipo de maquetas, con la metodología de curvas de nivel en "lonchas", es la que hasta el momento más se ha realizado.

Por otro lado, se estudió el uso de máquinas fresadoras de precisión para la generación directa del terreno en los moldes de la maqueta mediante la creación de un modelo tridimensional del Pirineo, que posteriormente sería tallado por la máquina de forma directa, sin escalones y con la precisión propia de la fresa. Se localizaron las máquinas necesarias para ello y se vio cuáles eran las necesidades, a nivel de datos cartográficos, que la máquina necesitaba para comenzar a tallar la maqueta. De una parte se tenían todos los datos cartográficos en proyección UTM y de altimetría del Pirineo, procedentes de las bases cartográficas a escala 1/50.000, que servirían de arranque para la generación del modelo tridimensional, origen de datos de la maqueta. De otra parte, la máquina necesitaba una serie de datos para tallar, que tenían que ser suministrados en formato de mecanización. Tan sólo restaba pues la generación de un algoritmo de traspaso de datos de un formato a otro.

2.3. De las UTM a las coordenadas de mecanización

Para la realización de dicho algoritmo, se trabajó con las coordenadas UTM en formato DGN. Se cuenta con las bases cartográficas de las cur-

vas de nivel del Pirineo Aragonés con una equidistancia de 20 metros, en proyección Universal Transversa de Mercator; y al estar justo el meridiano de Greenwich en medio de la zona a trabajar, tenemos una parte de la altimetría en el HUSO 30 y el resto en el HUSO 31. Se procede pues a la generación de un archivo principal de datos altimétricos en el HUSO 30, conteniendo todos los datos que se encontraban en el huso contiguo, procediendo a trabajar ya definitivamente toda la zona pirenaica en el HUSO 30.

Tras la creación de este archivo principal de altimetría, se procede al ajuste de las sendas interiores que conformaran la maqueta, y que servirán para que los visitantes del parque temático puedan entrar a visitar la gran maqueta desde el interior. El procedimiento seguido para la apertura de estas sendas es el de intentar no destruir ninguno de los valles o picos pirenaicos, sino que se rompe el archivo principal en diferentes zonas, que posteriormente son abiertas una con otra para dejar sitios a los senderos interiores de los visitantes. Estos senderos son incluidos en el archivo principal y serán tallados por la máquina fresadora como un elemento más de la maqueta.

Una vez creado el archivo principal de datos con toda la altimetría y con sus senderos interiores, se procede a la creación de una GRID o malla que represente el terreno con una precisión de 8 metros en la realidad y 6 mm a escala, y que cubra de manera rigurosa la totalidad de la maqueta. La creación de esta malla se consigue tras la triangulación de todos los puntos contenidos en las curvas de nivel, así como los conteni-



Figura 2. Cabezal de la fresadora trabajando en uno de los moldes



Figura 3. Tamaño de la fresadora en un modulo de 4,5 x 2,5 metros

dos en senderos y otros tipos de elementos introducidos (poblaciones y líneas límite de Parques Nacionales). A esta malla, se le añade además un rango diferencial a la coordenada **Z**. La escala con la que se representan las componentes **X** e **Y** de la maqueta es 1/1.300, mientras que la componente **Z** está a una escala 1/800 para la exageración de la misma, consiguiendo con ello una mejor visualización de la orografía.

Tras la obtención de las GRID, el último de los pasos restantes antes de que la fresadora comience a trabajar es transferir la información desde las coordenadas UTM en la que se encuentra la GRID generada, a Coordenadas de Mecanización de la fresadora. Para realizar este traspaso de coordenadas y tras el estudio del lenguaje de mecanización de la fresa, se genera, mediante la implementación de un programa, el traspaso de los diferentes cuadrados que forman la rejilla del terreno a formato tri-dimensional Stereolithographic. Este tipo de formato es reconocido por el programa de mecanización de la máquina, que le da las coordenadas a la fresadora para que corte la totalidad de la maqueta a escala y con los elementos y características que se le han introducido.

2.4. Precisión, materiales, escalas y costes

La precisión con la que se ha trabajado y se ha obtenido la gran maqueta final de los Pirineos es, en cuanto al trabajo cartográfico del proyecto, el de la escala utilizada en los datos de origen, es decir, como la equidistancia y altimetría tomados como base ha sido el 1/50.000, la pre-

cisión real con la que se cuenta es de 10 metros (en la realidad). Como la precisión en la generación del GRID o malla ha sido de 8 metros reales, este error se encuentra por debajo del anterior, así como el error de la fresa en el tallado de la máquina, puesto que como el tallado se realiza a precisión milimétrica, de nuevo el error del tallado se encuentra por debajo del rango de los 10 metros reales de las bases cartográficas tomadas como origen de datos.

El material usado para el tallado de los moldes ha sido el Poliestireno, por su fácil talla y por su peso liviano, dada la enorme cantidad de material que entra en las dimensiones de la maqueta (105 x 19 metros). Sobre los moldes tallados de poliestireno se aplica la lamina definitiva de la maqueta, que es poliéster ignífugo cargado y resina reforzada con fibra de vidrio.

Como se ha considerado anteriormente, la escala final de la gran maqueta de los Pirineos es de 1/1.300 en planimetría y de 1/800 en altimetría. La cota origen comienzo de la talla de la maqueta es la altura 800 m sobre el nivel del mar, mientras que la cota mas alta son los 3.400 metros del Pico de Aneto.

Los costes de realización de esta maqueta son elevados en cuanto al volumen y tamaño de la misma, pero muy minimizados en los que al trabajo humano se refiere. El coste de la partida más importante a la hora de la creación de los moldes, se ha sustituido por trabajo mecánico que se realiza día y noche y que ha permitido tallar toda la superficie de la maqueta en menos de un mes. Así mismo, la representación orográfica obtenida en la maqueta por la fresadora es perfecta, puesto que no ha dependido en ningún momento de una interpretación artística, sino que han sido coordenadas de todo el conjunto lo que se ha generado en el molde.

3. TABLAS Y GRÁFICOS

A continuación se muestra una colección fotográfica en la que se ven los trabajos realizados y la fresadora y moldes originales del proceso cartográfico descrito.



Figura 4 Vista de uno de los moldes listo para el montaje



Figura 5. Varios de los moldes unidos para proyectar Poliéster

4. CONCLUSIONES

Al igual que la aparición de los ordenadores supuso toda una nueva manera de trabajar, actualizar y hacer cartografía, la aparición de máquinas fresadoras capaces de procesar grandes cantidades de información cartográfica de manera ágil y fiable, hará cambiar también el concepto de maqueta tridimensional del terreno, dándonos la posibilidad de poder

realizar cualquier tipo de representación terrestre a cualquier escala, con precisiones en el tallado y visualización muy altas. Sin lugar a dudas, comienza aquí un nuevo e interesante mundo en la realización de cartografía en maquetas que hasta ahora era lejano e imposible de alcanzar. Comienza aquí pues, por qué no, la representación perfecta del terreno sobre cualquier material y a cualquier tamaño. ■



Figura 6. Otra maqueta de los Picos de Europa terminada en otro material y realizada con el mismo proceso



NEBA Barcelona •
nelona@aneba.com
(+34) 933 633 820
(+34) 933 633 821

ANEBA Madrid •
frid@aneba.com
(+34) 913 287 146
(+34) 913 287 147

POCKET CARTOMAP 4

Pocket CARTOMAP ofrece una nueva dimensión para el trabajo en campo, proporcionando la información precisa y necesaria in situ para el desarrollo de las tareas de topografía, mejorando la velocidad e incrementando la calidad. Evita que se produzcan situaciones en las que las tomas de datos incompletas o con errores obliguen a posteriores trabajos adicionales y costosos.

Pocket CARTOMAP, para Windows CE y Pocket PC 2004, engloba todas las ventajas de las que dispone *CARTOMAP*, pudiendo conectarse a diferentes instrumentos (GPS, estaciones totales,...) ofreciendo la mejor solución en campo para Topografía, Ingeniería Civil y GIS, haciendo uso de la mejor interface de usuario para Pocket PC y Tablet PC.

Pocket CARTOMAP está avalado por los catorce años de experiencia de ANEBA, fabricantes de *CARTOMAP*, que cuenta con miles de usuarios en todo el mundo, lo que refleja su sencilla utilización y la disponibilidad de las funcionalidades más avanzadas del mercado.



Captura de datos
Topografía analítica de campo
Modelo Digital del Terreno
Isolíneas
CAD 2D/3D
Croquis automático asociativo
Perfiles longitudinales
Perfiles transversales
Rasantes
Replanteo
Control de calidad
Secciones tipo
Shapefiles & ODBC
GIS
y mucho más...



Evaluación de una Cámara Digital No Métrica (CANON D30) para el levantamiento fotogramétrico de edificios históricos.

Iglesia de Santo Domingo de Silos (siglo XIV), Alcalá la Real, Jaén

J. Cardenal, E. Mata, P. Castro, J. Delgado, M. A. Hernández, J. L. Pérez, M. Ramos, M. Torres

DEP. DE ING. CARTOGRÁFICA, GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR (UNIVERSIDAD DE JAÉN)

Resumen

En este trabajo se evalúa una cámara digital no métrica (Canon D30) para aplicaciones de bajo coste en arqueología, arquitectura y patrimonio. La cámara Canon D30 es una cámara digital réflex con un sensor CMOS de 3,2 Mp de resolución. Aunque esta resolución es relativamente baja comparada con otras cámaras digitales recientes, el tamaño del sensor, ligeramente inferior al formato convencional de 35 mm, hace muy interesante el empleo de esta cámara en este tipo de aplicaciones, donde tanto la precisión como la calidad de la imagen final son importantes. La geometría interna de la cámara se ha resuelto mediante autocalibración en laboratorio y directamente en campo. Como comprobación de los resultados obtenidos, se han seleccionado diferentes ejemplos en la Iglesia de Santo Domingo de Silos de Alcalá la Real, en la provincia de Jaén (declarada Monumento Nacional en 1931), donde se han aplicado diferentes técnicas fotogramétricas con esta cámara.

1. INTRODUCCIÓN. LA CÁMARA DIGITAL CANON EOS D30

En los últimos años se ha extendido el empleo de las cámaras digitales compactas no métricas para su uso en aplicaciones fotogramétricas de bajo coste en arqueología, arquitectura y patrimonio. Las razones del uso extensivo de este tipo de instrumentación hay que buscarlas en el importante incremento de la resolución de las cámaras, el notable descenso de los precios, las facilidades técnicas actuales para la transferencia y almacenamiento de los archivos de imagen y la facilidad de la adquisición directa de las imágenes. También se podría indicar que el uso de sistemas fotogramétricos digitales de bajo coste, basados tanto en técnicas estereoscópicas como convergentes (por ejemplo, DVP, ShapeCapture, Photomodeler, 3D Mapper, entre otros), ha contribuido a popularizar este tipo de cámaras tanto entre fotogrametristas como no fotogrametristas.

Pero estas cámaras se han venido empleando sólo en aquellos casos donde no existía una gran exigencia en cuanto a precisión del trabajo final. Es decir, en levantamientos de inventario rápidos y sencillos, de acuerdo con la terminología empleada por Carbonell (1989). Hay varios motivos que explican la pérdida de precisión al emplear esta instrumentación no métrica. Estas cámaras digitales están diseñadas y fabricadas

para el mercado del fotógrafo aficionado y no para su empleo fotogramétrico. Los objetivos son muy pequeños y, por lo general, de una pobre calidad óptica y geométrica. Además, la mayoría de las cámaras incorporan sistemas autofocus y objetivos zoom, por lo que cabe esperar una elevada inestabilidad interna. Los sensores (actualmente son habituales tanto el CCD como el CMOS) son de tamaño muy reducido, comparados con los de las cámaras digitales de gama alta (réflex profesionales) o del formato analógico convencional de 35 mm. El tamaño del sensor es un inconveniente muy importante para el uso métrico de estas cámaras compactas digitales, cuyas dimensiones habituales, referidas a la diagonal principal, varían entre $1/2,7''$ a $2/3''$. Incluso en el caso de sensores de alta resolución (algunas cámaras compactas actuales alcanzan ya los 8 Mp) no se garantiza la precisión métrica. Por otro lado, aunque se calibren previamente las cámaras, los parámetros internos pueden no ser estables y conducir con ello a importantes errores en la reconstrucción espacial. En cualquier caso, algunas de estas cámaras, adecuadamente calibradas, pueden alcanzar precisiones de subpíxel (al menos en condiciones de laboratorio) y ser, por tanto, aptas para su empleo en aplicaciones arqueológicas (Ogleby et al., 1999).

En este trabajo se analiza una cámara digital réflex, la Canon EOS D30 (figura 1), para su empleo en arqueología y arquitectura. Pero el objeti-



Figura 1. Cámara digital réflex Canon EOS D30. Se muestra también la empuñadura con las unidades de batería adicionales

vo de este análisis se encamina a explorar el empleo de esta cámara no sólo en aplicaciones rápidas y de baja precisión, sino en trabajos de precisión media, con diversos productos finales (modelos digitales de superficie, ortofotografía, rectificación, etc.), tanto con técnicas fotogramétricas convencionales (restituidores estereoscópicos) como no convencionales (tomas convergentes).

El sistema de registro de imagen en la EOS D30 es un sensor CMOS (*complementary metal oxide semiconductor*) de 3,25 Mp que incorpora funciones de reducción de ruido. El número de píxeles totales es de 2.226×1.460 , pero los píxeles efectivos son 2.160×1.440 . El tamaño del sensor es de $15,1 \times 22,7$ mm (relación 2:3), por lo que es ligeramente inferior al formato analógico convencional de 35 mm o a los sensores de las actuales cámaras réflex digitales de gama alta (figura 2). Por tanto, el factor de ampliación de la distancia focal, debido al tamaño más reducido del sensor comparado con el formato de 35 mm, es de 1,6X. Los ficheros de imagen se pueden archivar en los formatos RAW y JPEG (con dos niveles de compresión) en una tarjeta de memoria CF (*Compact Flash*), tipos I ó II. El rango de variación de la sensibilidad es equivalente a ISO 100-1600. Por lo demás, esta cámara dispone de las características habituales de las actuales cámaras SLR digitales (diversos modos de exposición automáticos y manual, varios sistemas de medición de luz, capacidad de disparo continuo de 3 imágenes JPEG de alta calidad por segundo, siete modos de balance de blancos, flash incorporado, etc.). Un aspecto importante es que esta cámara dispone de montura Canon EF, por lo que se pueden usar las ópticas habituales Canon EF o compatibles. Finalmente, hay que indicar que en el momento en que este trabajo se ha enviado para su publicación (septiembre de 2004),

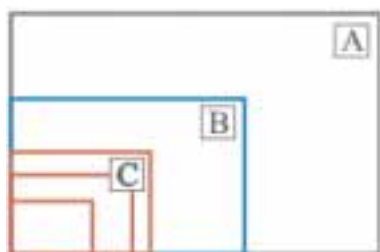


Figura 2. Tamaño comparativo de diferentes formatos de sensores digitales y analógico (35 mm). A: Formato analógico de 35mm y de las actuales cámaras SLR digitales de gama alta. B: Tamaño del sensor CMOS de la Canon EOS D30. C: Tres tamaños habituales de sensores CCD en cámaras digitales compactas (1/2,7", 1/1,8" y 2/3")

esta cámara ha sido actualizada por un modelo superior que incorpora un sensor CMOS similar pero de una resolución de 6 Mp (Canon, 2004).

2. CALIBRACIÓN

2.1. Procedimiento de calibración

Se ha dispuesto de dos ópticas compatibles con esta cámara: un objetivo Sigma 20 mm 1:1,8 EX DG asférico y un objetivo Canon EF 35 mm 1:2. Debido al factor de ampliación (1,6X) en relación al formato de 35 mm, las distancias focales equivalentes se corresponden con 32 mm (gran angular) y 56 mm (normal), respectivamente. Ambos objetivos se calibraron en condiciones de laboratorio. Por limitaciones de espacio en el laboratorio, se optó por realizar los disparos en modo manual, pero con una adecuada apertura del diafragma para obtener una amplia profundidad de campo con la cámara enfocada al infinito. Los anillos de enfoque de los objetivos se fijaron fuertemente con cinta adhesiva para mantener la orientación interna lo más estable posible durante las pruebas.

La cámara se calibró por autocalibración (Fryer, 1992) mediante el ajuste de bloques de fotografías convergentes de un patrón (figura 3). El patrón de calibración consistió en 35 dianas circulares blancas reflectantes dispuestas en una pared, más otras 10 marcas adicionales a diferentes profundidades. Con cada objetivo se realizaron dos épocas de 6 fotografías convergentes (en total 12 fotografías por objetivo). Como suele ser habitual en fotogrametría de objeto cercano, se tomaron algunas imágenes con giros de 90° en K.

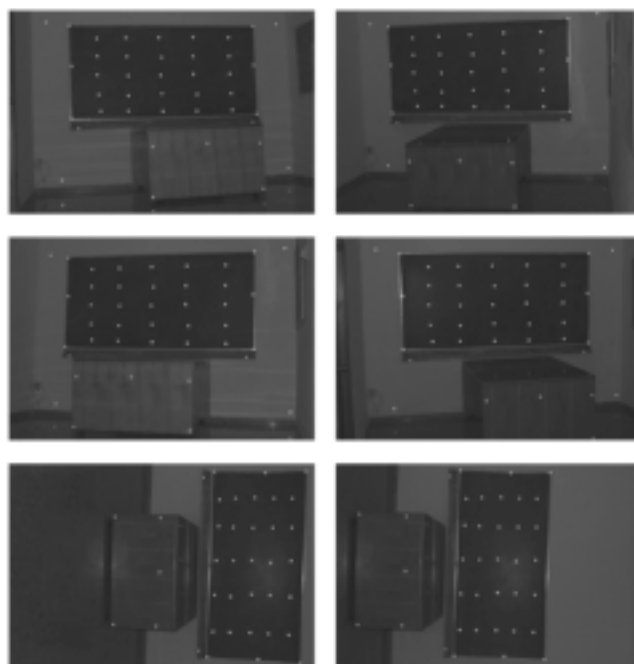


Figura 3. Dianas reflectantes del patrón de calibración. Bloque de 6 fotografías convergentes tomadas con la EOS D30 y el objetivo Canon 35 mm.

Las dianas se iluminaron con el flash que incorpora la cámara en el caso del objetivo de 35 mm, pero fue necesaria una unidad de flash externa para el objetivo de 20 mm, con objeto de prevenir el excesivo viñeteado causado por el gran tamaño de esta óptica. Con este procedimiento se obtuvieron imágenes nítidas de las dianas reflectantes sobre un fondo subexpuesto (figura 3). Ello facilitó considerablemente el tratamiento posterior

La medida de fotocoordenadas se realizó mediante una rutina programada por los autores en IDL 5.2. Este programa localiza y calcula los centroides de las dianas y se basa en el umbral óptimo de binarización de marcas elípticas (Trinder *et al.*, 1995). Por otro lado, la autocalibración se resolvió mediante otra rutina, igualmente programada en IDL 5.2, y consistió en un ajuste de redes libres con constreñimientos internos mínimos (Atkinson, 1996). Es decir, no fueron necesarios puntos de control, dado que no se requería conocer las posiciones exactas de las dianas.

2.2. Resultados de la calibración

La autocalibración se aplicó mediante un modelo de bloque invariable (*block invariant model*, Fryer, 1992), por lo que se mantuvo como premisa que los parámetros internos fueran estables entre ambas épocas. Los parámetros internos calculados fueron la distancia principal (c), el punto principal (x_0 , y_0) y el primer y segundo coeficiente de distorsión radial simétrica (K_1 , K_2). Un único coeficiente, K_1 , fue suficiente para el objetivo Canon 35 mm, mientras que la distorsión del objetivo Sigma 20 mm se reprodujo mejor con ambos coeficientes K_1 y K_2 . Aunque se realizaron cálculos adicionales con un mayor número de parámetros internos, otros coeficientes de orden superior o de distorsión de descentramiento no resultaron ser significativos. Tampoco se tuvieron en cuenta (aunque no se estimaron) otros coeficientes de afinidad ni parámetros adicionales. La Tabla 1 muestra los resultados de la autocalibración de los dos objetivos.

En la Tabla 1 también se indica el error medio cuadrático (rms) en planimetría (rms_{xy}) y profundidad (rms_z). Estos errores se han obtenido de la comparación entre las dos épocas de las coordenadas espaciales calculadas para 35 de los puntos del patrón de calibración. El resto de

los puntos se consideraron como fijos entre las dos épocas. Después se comparó la mayor distancia en el espacio objeto (definida por la mayor distancia entre dianas del patrón) con estos errores. Así, se calcularon las precisiones relativas ($rms/distancia$) tanto en planimetría como en profundidad (Tabla 1). La mejor precisión se ha obtenido con el objetivo de 20 mm (cerca de 1:30.000 en planimetría). Ello se puede explicar por una mejor configuración de la red fotogramétrica. En efecto, en el caso del objetivo de 20 mm, la distancia objeto-cámara fue del orden de 2 m y la red tenía una geometría fuertemente convergente. Por el contrario, en el caso del objetivo de 35 mm, la distancia objeto-cámara fue del orden de 5,5 m y la geometría de la red, en cuanto a convergencia, fue menos favorable (ver Atkinson, 1996, para una revisión detallada del diseño y optimización de redes fotogramétricas).

Sin duda, estos resultados indican una excelente respuesta de la cámara y objetivos analizados para aplicaciones métricas en el campo de la arqueología y arquitectura, incluso en trabajos de precisión media. Pero es necesario comprobar si los parámetros internos calculados son representativos en condiciones de campo reales y a otras distancias objeto-cámara, si bien con los objetivos igualmente enfocados a infinito. Hay que tener en cuenta que estas calibraciones se han realizado en condiciones de laboratorio, con dianas reflectantes y técnicas de medida digital (con precisión de subpíxel). Evidentemente, éstas no son las condiciones habituales de trabajo en patrimonio, a no ser casos especiales (deformaciones en muros, medidas de alta precisión, etc.). Además, se han empleado redes convergentes. Quizás en el caso de emplear pares estereoscópicos, la geometría más débil de la red y el uso de puntos no preseñalizados no compensan suficientemente los errores sistemáticos relacionados con la instrumentación no métrica.

3. PROYECTOS DE PATRIMONIO CON LA CÁMARA CANON EOS D30. APLICACIÓN EN LA IGLESIA DE SANTO DOMINGO DE SILOS (ALCALÁ LA REAL)

3.1. La iglesia de Santo Domingo de Silos (siglo XIV)

La cámara D30 se puede emplear para documentación en proyectos generales de patrimonio cultural, al igual que cualquier otra cámara no mé-

Sigma 20 mm		σ
c	20,7944 mm	+0,0064 mm
x_0	0,2255 mm	+0,0115 mm
y_0	-0,0954 mm	+0,0092 mm
K_1	-2,51E-04 mm ⁻¹	+4,24E-06 mm ⁻¹
K_2	5,49E-07 mm ⁻³	+2,56E-08 mm ⁻³
rms_{xy}	0,091 mm	
rms_z	0,159 mm	
Error rel. XY	1:27.000	
Error rel. Z	1:15.000	

Canon 35 mm		σ
c	35,3578 mm	+0,0143 mm
x_0	0,1694 mm	+0,0031 mm
y_0	-0,0425 mm	+0,0034 mm
K_1	-6,44E-05 mm ⁻¹	+3,42E-07 mm ⁻¹
rms_{xy}	0,199 mm	
rms_z	0,463 mm	
Error rel. XY	1:20.000	
Error rel. Z	1:9.000	

Tabla 1. Resultados de la autocalibración para los objetivos Sigma 20 mm y Canon 35 mm

AL-TOP y TRIMBLE,
un puente hacia el
servicio de calidad



trica analógica o digital. El principal inconveniente de esta cámara para este uso estaría en su limitada resolución (3,25 Mp). De acuerdo con la experiencia de los autores (al menos con las ópticas usadas en este trabajo) cuando la distancia objeto-cámara excede de los 15 m, la falta de resolución de las imágenes (límites de piedras, sillares, grietas, otros detalles, etc.) es evidente. Pero, aún con estas limitaciones, esta cámara se puede utilizar con propósitos métricos, como ha sido mostrado por Mata et al. (2004) y Cardenal et al. (2004). La cámara Canon D30 se ha empleado en un proyecto completo de documentación fotogramétrica para la restauración de la iglesia de Santo Domingo de Silos (siglo XIV) en Alcalá la Real, provincia de Jaén (UJA, 2003).

La iglesia de Santo Domingo de Silos está localizada en el entorno del conjunto monumental del Castillo de la Mota, en Alcalá la Real, Jaén (figura 4). La zona constituyó un enclave estratégico durante los tiempos medievales y fue ocupada por los musulmanes en el 713. Posteriormente, este baluarte fue el escenario de frecuentes luchas entre moros y cristianos, hasta la conquista definitiva de la ciudad en 1341 por parte de Alfonso XI. Esta iglesia fue la primera fundada en Alcalá, probablemente poco tiempo después de su conquista, sobre los restos de una antigua mezquita. La iglesia, de estilo gótico mudéjar, aunque construida en el siglo XIV, sufrió grandes transformaciones, especialmente en la sacristía y la torre, a finales del siglo XVI (Ayto. Alcalá la Real, 2003).

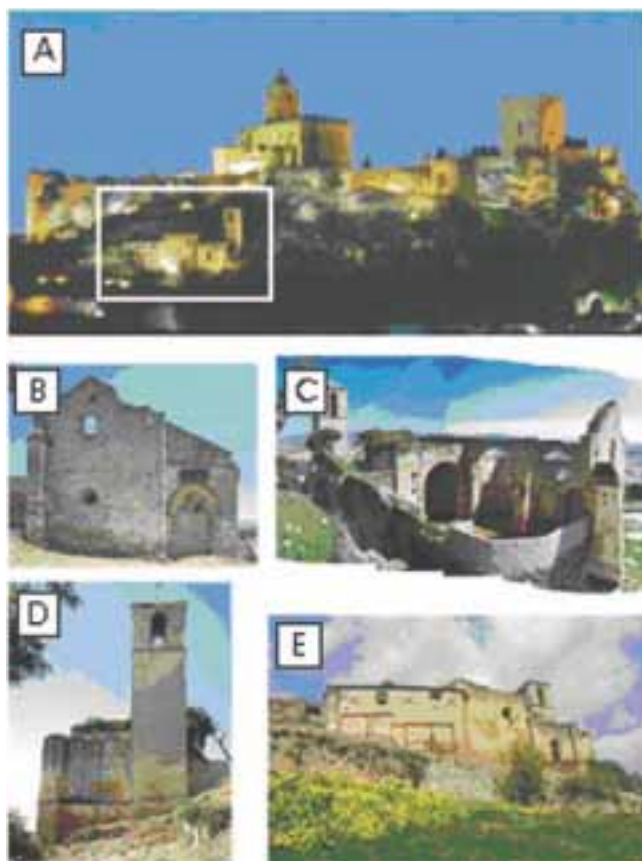


Figura 4. A: Vista panorámica de la fortaleza de la Mota y de la iglesia de Santo Domingo (rectángulo blanco). B: Fachada principal; C: Vista general desde el lado SE (torre, nave central y el acceso a la capilla principal); D: Torre y muro N; E: Panorámica de los muros E.

La iglesia, dentro del recinto de la Fortaleza de la Mota, por su importancia histórica fue declarada Monumento Nacional en 1931. Pero en la actualidad presenta un estado totalmente ruinoso, cercano a su derrumbe, por causa de los graves daños sufridos en 1936 durante la Guerra Civil y, muy especialmente, por las posteriores décadas de abandono. Las esculturas, mobiliario y pinturas originales de la iglesia se encuentran en la actualidad dispersas en colecciones privadas, en otras iglesias de Alcalá la Real y Granada o, simplemente, se han perdido. Especialmente grave es la situación de la única bóveda de crucería que permanece completa y de los muros orientados al E, que se encuentran al borde del desplome.

Por ello, el Ayuntamiento de Alcalá la Real decidió comenzar actuaciones urgentes para la recuperación del monumento. Previamente a los trabajos de restauración, ya iniciados en la actualidad, la iglesia se ha documentado fotogramétricamente (UJA, 2003). Dado que los fondos económicos del proyecto de documentación eran limitados, se decidió hacer un uso importante de instrumentación no métrica. En las siguientes secciones se detallan algunos ejemplos que ilustran las posibilidades del empleo de la cámara EOS D30 en condiciones de trabajo de campo reales.

3.2. Estudio de una bóveda de crucería y de muros en proyectos de restauración

3.2.1. Bóveda

El primer ejemplo es el estudio de una bóveda de crucería de la iglesia de Santo Domingo de Silos. La bóveda cubre la capilla mayor de la iglesia (figuras 4 y 5) y tiene una planta asimétrica (entre rectangular y trapezoidal) de 6x7 m y una altura de entre 3,5 m (en el arranque de los nervios) y 7 m (en el techo).

La red de trabajo consistió en 15 fotografías cenitales, realizadas desde el suelo y organizadas en tres pasadas paralelas, con el objetivo de 20 mm (figura 6). Los puntos de disparo dentro de la misma pasada se espaciaron 1,5 m y los ejes de las pasadas se separaron aproximadamente 3 m. Esta configuración permitió unos elevados solapes longitudinal y transversal (80% y 25-45%, respectivamente) para minimizar el desplazamiento del relieve en las imágenes, dado que uno de los productos a obtener era una ortofotografía de la bóveda (figura 5).

Para el cálculo de la orientación mediante triangulación, se han empleado puntos de control y de comprobación (*check points*) medidos con una estación total Leica TCR307. En todos los casos se ha tratado de puntos naturales, no preseñalizados, pero de una adecuada calidad para su correcta observación y medida tanto en campo como sobre las imágenes digitales. Los puntos de control, comprobación y paso, se midieron manualmente sobre las imágenes con el programa ENVI y la fototriangulación se calculó con una rutina programada en IDL. Los resultados finales se muestran en la Tabla 2. La Tabla 2A contiene los errores



Figura 5. Ortofotografía (GSD de 3 mm) de la bóveda de la Capilla Mayor de la Iglesia de Santo Domingo de Silos. Se indica la red de puntos de control y comprobación

en planimetría (XY) y altimetría (Z) resultantes de considerar la cámara como calibrada y emplear en el cálculo los parámetros internos obtenidos en laboratorio (Tabla 1). Estos errores están expresados como errores medios cuadráticos sobre puntos de comprobación. En la tabla también se proporcionan los errores relativos en XY (rms_{XY} en relación a la diagonal de la bóveda, 9,3 m) y Z (rms_Z en relación a la distancia objeto-cámara media, aproximadamente 6,5 m). La Tabla 2A muestra unos resultados ciertamente prometedores sobre la precisión obtenida. Así, los errores, expresados como rms , están por debajo de ± 6 mm.

Bóveda	A	B
Rms XY	+ 5,1 mm	+ 4,5 mm
Max. Vxy (abs.)	7,9 mm	6,1 mm
Rms Z	+ 6,0 mm	+ 3,5 mm
Max Vz (abs.)	11,9 mm	6,0 mm
Error rel. (XY)	1:1.800	1:2.100
Error rel. (Z)	1:1.100	1:1.850

Tabla 2. Bóveda. A: errores medios cuadráticos (rms) y relativos en planimetría (XY) y profundidad (Z) en puntos de comprobación con la cámara calibrada en laboratorio (parámetros internos en la Tabla 1). B: errores medios cuadráticos (rms) y relativos en planimetría (XY) y profundidad (Z) en puntos de comprobación con autocalibración. En ambos casos se expresan también los residuos máximos en XY y Z, expresados en valores absolutos.

Para verificar si se podían mejorar estos resultados, se optó por calcular un nuevo ajuste mediante autocalibración y se incorporaron los parámetros internos en el nuevo cálculo. Como se puede apreciar en la Tabla 2B, los resultados ciertamente mejoraron, en particular la coordenada Z. Así, mientras que la mejora en precisión en planimetría fue de sólo un 12%, hubo una importante mejora del 40% de la precisión en Z.

Aunque las fotografías no fueron convergentes (de hecho se trataba de disparos estereoscópicos), se dieron condiciones óptimas para aplicar la autocalibración: una amplia diferencia de profundidad en el espacio objeto (entre 3,5-7 m), un gran solapamiento entre las sucesivas imágenes, una gran redundancia de medidas y los puntos medidos (de control, comprobación y paso) estaban adecuada y ampliamente distribuidos en las imágenes. De ahí la mejora en la precisión. Una posible mejora de esta red hubiese sido la realización de al menos dos pasadas transversales, aunque ello hubiese complicado más el tratamiento.

Posteriormente, los parámetros internos y de orientación calculados fueron importados en una estación fotogramétrica digital (Socet Set v.4.4.2). A continuación, se lanzó un proceso de medida automática de puntos para incrementar la densidad de la red y se calculó un nuevo proceso de triangulación con todos los datos. Mediante técnicas de *matching* y edición manual, se generó un modelo digital de superficie (MDS). El espaciado del MDS fue de 0,025 m y se midieron un total de 76.500 puntos. A partir del MDS se obtuvieron un plano de curvas de nivel (con equidistancia de 5 cm) y las consiguientes secciones transversales, las cuales permitieron analizar la deformación de la bóveda (al borde del colapso en el verano del 2003, si bien está apuntalada en la actualidad). Finalmente, se obtuvo una ortofotografía con un tamaño de píxel (GSD) de 3 mm (UJA, 2003, Mata et al., 2004).

3.2.2. Muro

El siguiente ejemplo ilustra el levantamiento fotogramétrico de un muro lateral del interior de la nave central de la iglesia de Santo Domingo de Silos (figura 7). La red de trabajo consistió en una pasada de 10 fotografías estereoscópicas más dos fotografías adicionales, ligeramente convergentes, realizadas para completar el mosaico final de imágenes rectificadas, para evitar zonas ocultas detrás de los pilares del arco fornero que cruza la nave central de la iglesia. Los puntos de disparo se situaron



Figura 6. Bloque de fotografías cenitales (Canon D30 con el objetivo Sigma 20 mm) en la bóveda de la Capilla Mayor de la Iglesia de Santo Domingo de Silos

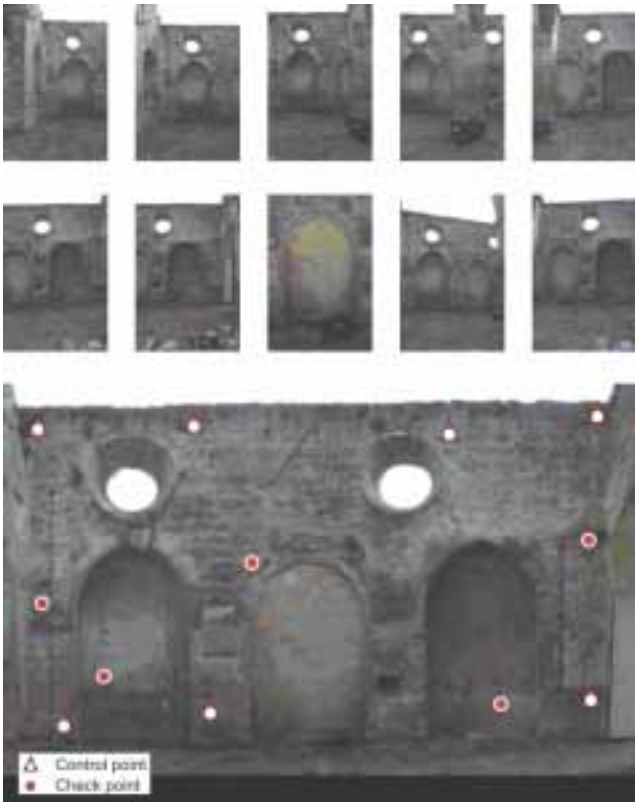


Figura 7. Mosaico de imágenes rectificadas en el muro lateral de la nave de la iglesia de Santo Domingo de Silos (GSD de 4 mm). Se muestran las fotografías tomadas con el objetivo Sigma 20 mm y la red de puntos de control y comprobación

a 9,5 m de distancia y las bases estereoscópicas fueron de entre 1-1,2 m, por lo que las relaciones B/D fueron cercanas a 1/10.

Una vez se midieron los puntos de control, comprobación y paso, se procesó la triangulación de la pasada, considerando fijos los parámetros internos (con los datos calibrados en laboratorio, Tabla 1) e, igual que en el caso anterior, se calculó la autocalibración con la inclusión en el ajuste de los parámetros internos. Los resultados de ambos cálculos se muestran en la Tabla 3, donde además se incluyen los errores relativos en **XY** y **Z**, expresados como **rms_{XY}** en relación a la máxima dimensión del muro (aproximadamente 14 m) y como **rms_Z** en relación a la distancia objeto cámara (9,5 m).

En el caso A (Tabla 3A), con la cámara calibrada en laboratorio, la precisión fue similar al caso analizado en la bóveda (errores medios inferiores a ± 8 mm). Pero en este ejemplo la autocalibración no mejoró significativamente la precisión, apenas un 10% en ambas, **XY** y **Z** (Tabla 3B). En cualquier caso, los resultados finales estuvieron dentro de la tolerancia preestablecida en el Proyecto (± 3 cm en coordenadas y una escala de representación final de 1:50). Probablemente, la red fotogramétrica no fue lo suficientemente robusta para resolver adecuadamente la autocalibración.

En la Figura 7 se muestra un mosaico de las imágenes individuales rectificadas. Dado que no se disponía en todas las imágenes que se iban a

Bóveda	A	B
rms XY	+ 5.1 mm	+ 4.5 mm
max. Vxy (abs.)	7.9 mm	6.1 mm
rms Z	+ 6.0 mm	+ 3.5 mm
max Vz (abs.)	11.9 mm	6.0 mm
Error rel. (XY)	1:2.500	1:2.650
Error rel. (Z)	1:1.200	1:1.400

Tabla 3. Muro. A: errores medios cuadráticos (rms) y relativos en planimetría (XY) y profundidad (Z) en puntos de comprobación con la cámara calibrada en laboratorio (parámetros internos en la Tabla 1). B: errores medios cuadráticos (rms) y relativos en planimetría (XY) y profundidad (Z) en puntos de comprobación con autocalibración. En ambos casos se expresan también los residuos máximos en XY y Z, expresados en valores absolutos

rectificar del mínimo número de puntos de control (se requieren 4 puntos para aplicar la transformación bidimensional proyectiva, aunque es conveniente un mayor número y tener redundancia en el cálculo), la triangulación se aprovechó para densificar la red de puntos de control y así rectificar el número de imágenes suficientes para elaborar el mosaico.

3.3. Comparación de pares estereoscópicos de cámara métrica (UMK 1318) y de Canon D30

Se ha analizado otra situación habitual en fotogrametría arquitectónica. Así, se han orientado dos pares estereoscópicos individuales tomados con la cámara Canon D30 sobre una fachada y los resultados se han comparado con los obtenidos con la combinación de una cámara métrica (UMK 1318/10) y un restituidor analítico (Leica SD-2000).

La fachada de la iglesia se fotografió con una cámara UMK 1318 y objetivo de 100 mm (figura 8). Se tomaron dos pares estereoscópicos con una relación B/D de 1/5 a una escala aproximada de 1:100. Los pares se orientaron con 12 puntos de corrección de paralaje (distribuidos en las



Figura 8. Dos pares estereoscópicos UMK 1318/10 (arriba) y dos Canon D30, con el objetivo Sigma 20 mm (abajo), en la fachada de la iglesia de Santo Domingo de Silos

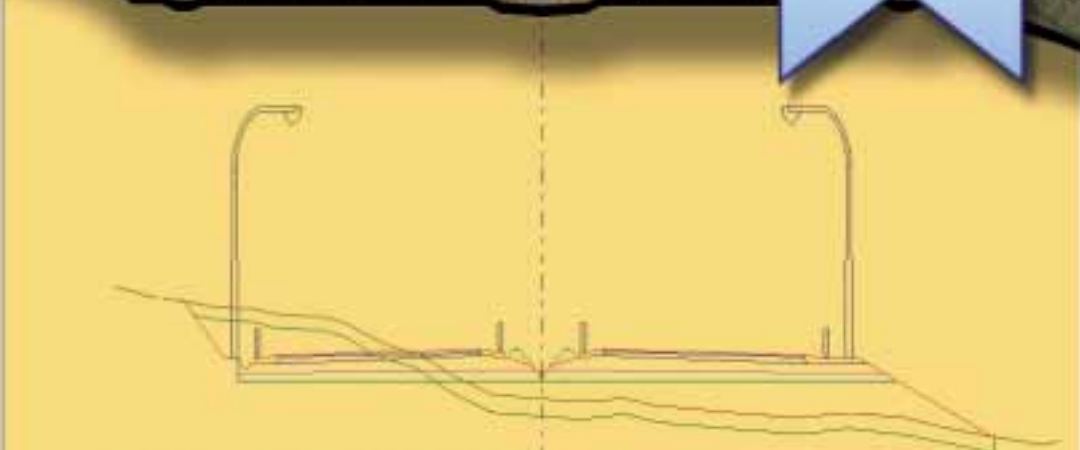
PROTOPO V 6.0

DINAMISMO EN AUTOCAD



Visitenos en
- CONSTRUTEC
Pabellón 7 - 7B 209
13-16 Octubre
- TOP-CART 2004
Stand Nº 7
19-22 Octubre

Código	Transv.	Val.	Etapa
1	11600.000		
2	11610.000		
3	11620.000		
4	11630.000		
5	11640.000		
6	11650.000		
7	11660.000		
8	11670.000		
9	11680.000		
10	11690.000		
11	11700.000		
12	11710.000		
13	11720.000		
14	11730.000		
15	11740.000		
16	11750.000		
17	11760.000		
18	11770.000		
19	11780.000		
20	11790.000		
21	11800.000		
22	11810.000		
23	11820.000		
24	11830.000		
25	11840.000		
26	11850.000		
27	11860.000		
28	11870.000		
29	11880.000		
30	11890.000		
31	11900.000		
32	11910.000		
33	11920.000		
34	11930.000		
35	11940.000		
36	11950.000		
37	11960.000		
38	11970.000		
39	11980.000		
40	11990.000		
41	12000.000		



Software Técnico de Cálculo Topográfico
y Trazado Lineal de Carreteras

Vértice	Transversal	Dist.	Cota	Pend.	C.Roja	Var.	Código	Capa
1	0/1.207	22.963	618.970	0.00000			Sección	TERRENO
2		18.833	619.070	0.00000			Sección	TERRENO
3		18.833	619.070	0.00000			Sección	VEGETAL
4		18.833	619.070	0.00000			Sección	PROYECTO
5		18.700	619.917	0.00000			Sección	VEGETAL
6		18.763	619.217	4.27540			Sección	TERRENO
7		18.763	619.917	0.00000			Sección	VEGETAL

DISPONIBLE PARA
AUTOCAD
2005

FACHADA	UMK	CANON					
	CP	CP	DIST	A (CP)	A (DIST)	B (CP)	B (DIST)
rms XY (mm)	± 2,7	± 5,9	± 12,0	± 64,9	± 77,0	± 54,9	± 66,9
rms Z (mm)	± 3,4	± 9,9	± 16,8	± 57,9	± 105,0	± 58,6	± 112,6
max. Vxy (abs.)	3,0	7,9	14,2	85,3	93,8	74,2	82,5
max Vz (abs.)	5,0	14,5	26,9	85,6	208,4	82,2	224,5
Error rel. (XY)	1:5.700	1:2600	1:1.300	1:250	1:200	1:275	1:225
Error rel. (Z)	1:3.200	1:1200	1:700	1:200	1:110	1:200	1:100

Tabla 4. Fachada: errores medios cuadráticos (rms), residuos máximos (en valores absolutos) y errores relativos en XY y Z para seis situaciones. UMK: pares orientados con puntos de control (CP); Canon D30: pares orientados con CP; distancia conocida (DIST); A: pares orientados con CP y DIST (sólo se tiene en cuenta la distancia principal calibrada); B: pares orientados con CP y DIST (ningún parámetro calibrado)

seis áreas habituales, 2 puntos por zona), cuatro puntos de control por modelo y un total de 8 puntos de comprobación. La Tabla 4 muestra un resumen de la precisión obtenida en ambos pares tomados con la UMK. Los errores son inferiores a ± 5 mm. Estos errores son los esperados con la metodología e instrumentación empleada: cámara métrica de formato medio, restituidor analítico y puntos de control que, aunque estaban bien definidos, eran puntos naturales no preseñalizados.

Posteriormente, estos datos se compararon con los errores de orientación con la cámara Canon D30 (Tabla 4).

Los pares estereoscópicos con la Canon D30 se tomaron en condiciones similares. Todos los puntos se midieron manualmente con ENVI y la orientación se calculó por colinealidad. Pero las orientaciones se calcularon de seis formas diferentes. En primer lugar, los modelos se resolvieron, al igual que los pares de la UMK, mediante puntos de control (Canon D30 CP en la Tabla 4). Aunque la precisión fue más pobre que en el caso de emplear la cámara métrica, tal y como se esperaba, se obtuvieron resultados razonablemente óptimos, con errores medios inferiores a ± 1 cm. En este caso la cámara se consideró calibrada (con los datos de la Tabla 1), dado que no era posible realizar la autocalibración con pares estereoscópicos individuales.

Posteriormente se seleccionó otra opción, ya que en levantamientos rápidos y de bajo coste es frecuente la carencia de puntos de control. Así, los pares estereoscópicos se orientaron con una distancia conocida (DIST en Tabla 4) y tres puntos seleccionados para la definición del datum (Atkinson, 1996). Nuevamente la cámara se consideró como calibrada. Dado que no se utilizaron puntos de control ni fotografías convergentes adicionales, para hacer posible una autocalibración, los errores sistemáticos se propagaron al espacio objeto y la precisión se deterioró un 50% (errores medios y máximos de $\pm 1,5$ cm y ± 3 cm, respectivamente).

Finalmente, se exploraron otras situaciones. En el caso A (Tabla 4) sólo se consideró como conocida la distancia principal; no se tuvieron en cuenta ni la distorsión ni el punto principal. Esta opción se seleccionó

porque la distancia principal es un parámetro sencillo de estimar, incluso con métodos gráficos. Pero en el caso B de la Tabla 4 no se consideró conocido ningún parámetro interno; la distancia principal fue la distancia focal nominal, 20 mm. En ambos casos, A y B, las orientaciones se calcularon con puntos de control (CP) y con una distancia conocida, pero en las cuatro situaciones los resultados obtenidos fueron muy pobres, con errores máximos superiores a los ± 20 cm, aunque con resultados ligeramente mejores en el caso de emplear puntos de control. En estos casos no hubo diferencias significativas entre calibrar previamente sólo la distancia focal o no calibrar ningún parámetro interno. Ello es debido a que en pares estereoscópicos los errores en la distancia focal se pueden compensar parcialmente con cambios en los centros de proyección, siendo por tanto una fuente de error menos crítica que los errores por distorsión en este tipo de ópticas u otros errores sistemáticos presentes en cámaras no métricas.

4. CONCLUSIONES

Como conclusión final, cabe indicar que la cámara digital Canon EOS D30 ha mostrado su efectividad en trabajos de precisión media en levantamientos fotogramétricos arqueológicos y arquitectónicos. Los diferentes ensayos realizados con ópticas gran angular y normal indican que la calibración de la cámara en laboratorio y el uso de puntos de control pueden minimizar los errores sistemáticos presentes en cámaras no métricas, especialmente cuando se emplean pares estereoscópicos. Además, si la red fotogramétrica es apropiada, la autocalibración del bloque de fotografías puede mejorar significativamente la precisión final.

Los ejemplos analizados muestran que se pueden lograr errores entre 5-15 mm a distancias objeto-cámara que no excedan los 15 m (no se han investigado resultados a mayores distancias). Estas precisiones se han alcanzado incluso con el empleo de pares estereoscópicos individuales. Por ello, la cámara Canon D30 se puede emplear en levantamientos arqueológicos y arquitectónicos convencionales que incluyan restitución, elaboración de modelos digitales de superficie, ortofotografías, imágenes rectificadas, modelización 3D, pero también para la densificación de re-

El récord de velocidad para este tramo de autopista no ha sido fijado por un coche deportivo sino mas bien por un topógrafo.

Es increíble las clases de velocidad que pueden existir en un tramo de la autopista como éste.

Especialmente cuando un topógrafo tiene la ventaja de trabajar con una solución topográfica total de Trimble. Nuestros productos no sólo son robustos y ligeros sino que también han sido diseñados para funcionar conjuntamente con los mismos datos en un entorno gráfico común. De este modo simplifica el flujo de trabajo mientras incrementa la productividad y reduce las curvas de aprendizaje. Además, ya vienen preparados con la señal L2C.

Para entender mejor por qué Trimble debe ser su solución topográfica total visite www.trimble.es.



Trimble Navigation Iberica S.L.
Vía de las Dos Castillas No. 33
ATICA. Edificio 5. Despacho B-2
28224 Pozuelo de Alarcón, Madrid
Tel. +34 91 351 01 00
Fax +34 91 351 3443.

©2004, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble es una marca comercial de Trimble Navigation Limited la Oficina de Patentes y Marcas Comerciales de los logotipos del triángulo y el triángulo es una marca Trimble Navigation Limited. Todas las otras marcas son propiedad respectiva de sus titulares.

 **Trimble**

*Technology Solutions for
the Right Place and Time*

www.trimble.es

des de puntos de control, dadas las precisiones en coordenadas XYZ que puede proporcionar.

El trabajo futuro a desarrollar dentro de este campo se centrará en las posibles mejoras con la introducción de parámetros adicionales en la autocalibración, ensayos a distancias mayores (si bien dada la pérdida de resolución del sensor no podrían ser levantamientos de detalle) y la evaluación de cámaras digitales actuales similares pero de mayor resolución.

5. REFERENCIAS

- Atkinson, K.B. (ed.) (1996). *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing, Scotland, U.K.
- Ayto. Alcalá la Real (2003). *Iglesia de Santo Domingo de Silos. El Patrimonio Artístico de Alcalá la Real*. Ayto. Alcalá la Real (Área de Cultura). Jaén.
- Canon (2004). Canon Europe web page. <http://www.canon-europe.com/>
- Carbonell, M. (1989). *Arquitectural Photogrammetry*. En Karara, H.M. (ed.): *Non Topographic Photogrammetry*, 2nd ed. ASPRS. Cap.19, 321-347.
- Cardenal, J., Mata, E., Castro P., Delgado, J., Hernández, M. A., Pérez, J. L., Ramos, M., Torres, M. (2004). *Evaluation of a digital non metric camera (Canon D30) for the photogrammetric recording of historical buildings*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Istanbul, Turkey, Vol. 34, Part XXX.
- Fryer, J.G.(1992). *Recent developments in camera calibration for close range applications*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Washington, USA. Vol. XXIX, part B5, pp. 594-599.
- Mata, E., Cardenal, J., Castro P., Delgado, J., Hernández, M.A., Pérez, J.L., Ramos, M., Torres, M. (2004). *Digital and analytical photogrammetric recording applied to cultural heritage. a case study: St. Domingo de Silos' Church (XIVth century, Alcalá la Real, Spain)*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Istanbul, Turkey, Vol. 34, Part XXX.
- Ogleby, C., Papadaki, H., Robson, S., Shortis, M. (1999). *Comparative camera calibrations of some "off the shelf" digital cameras suited to archaeological purposes*. IAPRS Photogrammetric Measurement, Object Modelling and Documentation in Architecture and Industry, Thessaloniki, Greece. Vol XXXII, Part 5W11, pp. 69-75.
- Trinder, J.C., Jansa, J., Huang, Y. (1995). *An assessment of the precision and accuracy of methods of digital target location*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing". 50 (2), pp. 12-20.
- UJA (2003). *Trabajos fotogramétricos y topométricos de generación de cartografía para la rehabilitación de la Iglesia de Santo Domingo de Silos (Alcalá la Real, Jaén)*. Memoria Técnica para el Excmo. Ayto. de Alcalá la Real (Jaén), Universidad de Jaén (UJA).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Excmo. Ayuntamiento de Alcalá la Real (Jaén), el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Jaén y por el Grupo de Investigación "Sistemas Fotogramétricos y Topométricos" (TEP-213) del Plan Andaluz de Investigación (PAI) de la Junta de Andalucía. ■



Talón o giro a:
MISIONES SALESIANAS
 28008 Madrid - Ferraz, 81
 Tel. 91 543 85 65





ENTIDADES PATROCINADORAS



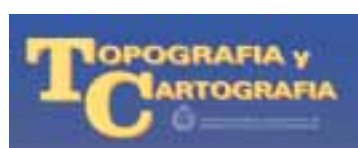
DIRECCIÓN GENERAL
DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO NACIONAL



ENTIDADES COLABORADORAS



FIRMAS EXPOSITORAS





Presentación

En el año 1978, con la organización del TOP-78, el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía iniciaba una línea de actividad congresual, basada en la realización periódica de eventos relacionados con las ciencias geográficas y cartográficas. Durante estos años el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía ha realizado seis congresos nacionales y uno de ámbito internacional, al contar con la participación de la FIG en 1992, y cuatro Jornadas Técnicas sobre la Cartografía Digital y los Sistemas de Información.

Iniciar este camino era una tarea necesaria e imprescindible por dos razones fundamentales.

- Existía en España prácticamente un total vacío en la organización sistemática de jornadas técnicas relacionadas con este ámbito científico.
- Era imprescindible propiciar encuentros periódicos entre profesionales y fabricantes, encuentros que con seguridad iban a permitir un intercambio tecnológico y profesional entre los miembros de la comunidad cartográfica española.

Hoy, treinta años después, podemos decir con auténtica satisfacción que la idea fue un acierto, tanto para los profesionales como para los Organismos Públicos y las empresas particulares. Esperamos que el **Top-Cart 2004** tenga el mismo éxito que sus predecesores, alcanzando el objetivo que para su organización es el fundamental: ser el punto de encuentro de los profesionales, de las entidades públicas y privadas y de las asociaciones científicas, deportivas, etc., que de forma directa o indirecta se relacionan con el territorio, la cartografía y las ciencias afines.

Objetivos del TOP-CART 2004

- La difusión y el conocimiento de los avances y novedades técnicas y científicas, a través de la exposición tecnológica-comercial.
- El debate y análisis de las ventajas e inconvenientes de la utilización y aplicación de las nuevas técnicas y procedimientos, a través de experiencias contrastadas.
- Realizar una convivencia activa entre los diferentes sectores empresariales y profesionales relacionados, de forma directa o indirecta, con la topografía, la cartografía y demás ciencias afines.
- Publicar y divulgar los trabajos presentados en el Congreso.

Comité de Honor

Presidenta

Excma. Sra. D^a Magdalena Álvarez Arza
Ministra de Fomento

Vicepresidenta⁸⁹

Excma. Sra. D^a Esperanza Aguirre Gil de Biedma
Presidenta de la Comunidad de Madrid

Miembros:

Excmo. Sr. D. Alberto Ruiz-Gallardón Jiménez
Alcalde-Presidente del Ayuntamiento de Madrid

Excmo. Sr. D. Francisco Granados Lerena
Cjro. de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid.

Excmo. Sr. D. Mariano Zabía Lasala
Cjro. de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid.

Ilma. Sra. D^a María del Pilar Martínez López
Concejala de Gobierno de Urbanismo, Vivienda e Infraestructuras del Ayuntamiento de Madrid

Excmo. Sr. D. Javier Uceda Antolín
Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid

Excmo. Sr. D. Juan Velarde Fuertes
Presidente de la Real Sociedad Geográfica

Ilmo. Sr. D. Iñigo Sáenz de Pipaón y Mengs
Consejero Delegado de la Empresa Pública Tres Cantos, S.A.

Ilmo. Sr. D. Alberto Sereno Álvarez
Director General del Instituto Geográfico Nacional

Ilmo. Sr. D. Jesús S. Miranda Hita
Director General del Catastro

Ilmo. Sr. D. Ramón Lorenzo Martínez
Presidente de la Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección

Ilmo. Sr. D. José Cebrian Pascual
Director del Centro Nacional de Información Geográfica

Ilmo. Sr. D. Manuel Chueca Pazos
Director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica de Valencia

Ilmo. Sr. D. Alfredo Llanos Viña
Director de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica de Madrid

Ilmo. Sr. D. Pedro Cavero Abad
Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía

Comité Organizador

Presidente

D. Pedro Alcázar Tejedor

Vocales

D. Carlos Barrueso Gómez
D. Juan Pablo Colmenarejo Fernández
D. Guillermo Junquera Gala

D. Ángel Luis Olmos Sánchez
D. José Antonio Sánchez Sobrino

Secretaria

D^a M^a Eugenia Pérez Román

Comité Técnico

D^a Mercedes Farjas Abadía
D. Fco. Javier González Matesanz
D. Antonio María Luján Díaz

D. Benjamín Piña Patón
D. Mario Ruiz Morales
D. José Antonio Sánchez Sobrino

PROGRAMA DE CONFERENCIAS

MARTES 19 DE OCTUBRE

- 9:30 INSCRIPCIÓN Y RECOGIDA DE DOCUMENTACIÓN
(Palacio de Congresos de Madrid, Hall Sur)
- 11:30 CEREMONIA OFICIAL DE INAUGURACIÓN
(Sala UNESCO)
- 12:00 INAUGURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN TECNOLÓGICA-COMERCIAL
(Salón de Banquetes, Sala II-A, Sala II-C)
- 12:30 VINO DE BIENVENIDA
(Salón de Banquetes, Sala II-A, Sala II-C)

Aula 1

Moderador: D. Alfonso Mora Palazón

- 16:00 *Presentación de la Aplicación ISTRAM por la empresa BUHODRA Ingeniería, S.A.*
- 17:00 *El Sistema de Información Municipal de Gijón*
Agustín Lanero Parrado
Ayuntamiento de Gijón
- 17:30 *SIG y brotes epidemiológicos*
Marc Llinares Picó
Miguel Sanz Valero
Conselleria de Sanidad (Generalitat Valenciana)
- 18:00 *Aplicación de un Sistema de Información Geográfica en el estudio y análisis de los problemas derivados de la salinidad de las aguas de riego en la vega baja del Río Segura*
J. Cordero Gracia
G. Parra Galant
Universidad Miguel Hernández de Elche
- 18:30 *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Cartografía Temática al Seguro Agrario Combinado*
J. Cordero Gracia
G. Parra Galant
Universidad Miguel Hernández de Elche

Aula 2

Moderador: D. Andrés Díez Galilea

- 16:00 *Delimitación, clasificación y caracterización de unidades socioterritoriales homogéneas en España en el año 2001*
José Antonio Gutiérrez Gallego
M^a. Eugenia Polo García
M^a José Díaz Alvarez
Violeta Hidalgo Izquierdo
Universidad de Extremadura
- 16:30 *Soluciones GIS para el mundo real*
M^a. Luisa Martínez
Intergraph España
- 17:00 *Propuesta de una metodología para la Codificación de Procesos Ambientales en Bases de Datos Espaciales. Aplicación a la Erosión hídrica del suelo*
José Julio Zancajo Jimeno
Teresa Mostaza Pérez
Universidad de Salamanca

- 17:30 *Fusión de imágenes de SPOT-P y Landsat-TM mediante el Método de Simulación Geoestadística Estocástica*
Jorge Delgado García
Universidad de Jaén
Amílcar Soares
Julia Carvalho
Univesidad Técnica de Lisboa
- 18:00 *Presentación de la Cámara Digital A.F. por la Empresa GEOTOOLBOX Ibérica, S.L.*

MIÉRCOLES 20 DE OCTUBRE

Aula 1

Moderador: D. Alfonso Gómez Molina

- 9:30 *Calibración de teodolitos mediante polígonos ópticos*
Javier Bisbal Martín
Centro Español de Metrología (CEM)
María Ana Sáenz Nuño
Javier Sánchez Ruiz
Universidad Pontificia Comillas de Madrid
- 10:00 *Levantamiento topométrico y elaboración de la cartografía de la Cueva de los Murciélagos (Sueros, Córdoba)*
José Raúl Córdoba Jiménez
Onde 2000, S.L.
Javier Camacho Sánchez
Ploder, S.A.
Antonio Miguel Ruiz Armenteros
José Luis Mesa Mingorance
Universidad de Jaén
- 10:30 *Aplicaciones de láser escáner 3D Trimble-MENSI en estudios de accidentes y de criminología (forensics)*
Omar Pierre Soubra
Alfredo Lorenzo
Trimble Europe
- 11:00 *La Topografía como una importante herramienta para el trabajo científico en los ámbitos de la Geología y la Geofísica. Casos prácticos*
Francisco Santana Sarmiento
Ángel Rodríguez Santana
Francisco Pérez Torrado
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- 11:30 DESCANSO
- 12:00 *Documentación Geométrica de un yacimiento arqueológico de gran extensión. El ejemplo de Contrebia Leukade (La Rioja)*
José Manuel Valle Melón
Alvaro Rodríguez Miranda
Ane Lopetegui Galárraga
Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (Universidad del País Vasco)
- 12:30 *La calidad en el sector topográfico. Organismos competentes. Situación actual*
Carmen Sevilla Antón
Javier Bisbal Martín
Centro Español de Metrología (CEM)

- 13:00 *Normas y estándares en el entorno de la IDEE*
Emilio López Romero
Antonio F. Rodríguez Pascual
Paloma Abad Power
Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Moderador: D. Rubén Martínez Marín

- 16:00 *Control Automático de Deformaciones. Medición de Convergencias en el túnel de la M111*
Javier Peñafiel
Ángel Canales
Leica Geosystems
- 16:30 *Modelo de representación y difusión de cavidades. Cueva de Praile Aitz I (Deba, Guipúzcoa)*
Ana Lopetegi Galárraga
José Manuel Valle Melón
Álvaro Rodríguez Miranda
Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (Universidad del País Vasco)
- 17:00 *Ajuste Geométrico de Antena Paraboloïdal*
José Valbuena Durán
Esther Oñate Pizarro
Universidad Politécnica de Madrid
- 17:30 *Sensor Web Enablement: Todos los sensores conectados a la web*
M. J. Iniesto Alba
Universidad de Santiago de Compostela
P. Carvallo Cruz
Universidad Camilo José Cela
- 18:00 *Las nuevas tecnologías en el modelado/representación geométrico tridimensional*
Roberto Gómez Jara
Jesús Maldonado Jiménez
Acre, S.L.
Pedro Martín Delgado
Geotresde Ingeniería, S.L.
- 18:30 *Estimación de la Incertidumbre en el Proceso de Modelización de MDE mediante la Aplicación de Técnicas de Simulación Condicional Geoestadística*
Jorge Delgado García
Amílcar Soares
Universidad de Jaén

Aula 2

Moderador: D. Antonio María Luján Díaz

- 9:30 *Vectorización automática en el cálculo de puntos de fuga sobre un fotograma oblicuo*
Nilda Sánchez Martín
Diego González Aguilera
Javier Gómez Lahoz
Benjamín Arias Pérez
Universidad de Salamanca
- 10:00 *El conocimiento del territorio en el siglo XXI*
Julio César Aparicio Tolosa
Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)
- 10:30 *Diseño gráfico de un mapa de susceptibilidad a los movimientos de ladera*
Tomás Fernández
Universidad de Jaén
Rachid El Hamdouni
José Chacón
Clemente Irigaray
Universidad de Granada

- 11:00 *Cartografía de Metales Pesados mediante Técnicas Geoestadísticas*
Franky Mendez Romero
Universidad Central de Venezuela
Juan Carlos García Díaz
Eduardo F. Cassiraga
Ángel Marqués Mateu
Juan M. Gisbert Blanquer
Universidad Politécnica de Valencia

11:30 DESCANSO

- 12:00 *Cartografía aplicada a la creación de maquetas a escala de gran y pequeño tamaño: De las UTM a las coordenadas de mecanización*
Luis Javier Cruchaga
- 12:30 *Organización de la Unidad de Producción del Instituto Cartográfico Valenciano*
Laura Cabezero de la Muela
M^a del Mar Rubio Soler
Instituto Cartográfico Valenciano
- 13:00 *Un protocolo para protección contra piratería de mapas digitales utilizando marcas de agua*
Carlos López
The Digital Map Ltd.
- 13:30 *Enfoque cartográfico de los Modelos Virtuales de elementos patrimoniales*
José Manuel Valle Melón
Álvaro Rodríguez Miranda
Ana Lopetegi Galárraga
Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (Universidad del País Vasco)

Moderador: D. Julio Aparicio Tolosa

- 16:00 *Desarrollo de simuladores en investigación y docencia*
J. Gómez Lahoz
N. Sánchez Martín
B. Arias Pérez
D. Gonzalez Aguilera
Universidad de Salamanca
- 16:30 *La Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE): Una realidad emergente*
Antonio F. Rodríguez Pascual
Paloma Abad Power
Emilio López Romero
Alejandra Sánchez Maganto
Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- 17:00 *La memoria en los Archivos del Instituto Geográfico Nacional (IGN)*
Jesús Satre Domingo
Instituto Geográfico Nacional
Amalia Yuste Galán
Universidad Complutense de Madrid
- 17:30 *La calidad en la información geográfica de productos vectoriales del IGN*
José Luis Lucas Martínez
Antonio F. Rodríguez Pascual
Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- 18:00 *La norma ISO 19115 de Metadatos: Características y aplicabilidad*
Antonio F. Rodríguez Pascual
Paloma Abad Power
Emilio López Romero
Alejandra Sánchez Maganto
Instituto Geográfico Nacional (IGN)

18:30 *Presentación de TOPOSIS V.7 por la empresa SIS-TEMES CAD*

JUEVES 21 DE OCTUBRE

Aula 1

Conmemoración del Cincuentenario de la Creación de los Estudios de Topografía

Moderador: D. Pedro J. Cavero Abad

10:00 *Desarrollo de los estudios de Topografía en España*
Nicolás Serrano Colmenarejo
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica (UPM)

11:00 *Proyectos de Futuro y Convergencia Europea. Ingeniería en Geomática y Topografía*
Manuel Chueca Pazos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (UPV)

11:30 DESCANSO

Moderador: D. Pedro Alcázar Tejedor

12:00 *Presente y futuro de los Ingenieros Técnicos en Topografía*
Pedro J. Cavero Abad
Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía
Benjamín Piña Patón
Instituto Geográfico Nacional

13:00 MESA REDONDA

Moderador: D. Antonio Arozarena Villar

16:00 *Utilidad de las técnicas geomáticas para la prevención de catástrofes provocadas por el volcán Popocatepetl (México)*
José Juan de Sanjosé Blasco
Alan D.J. Atkinson Gordo
Universidad de Extremadura
José Juan Zamorano Orozco
Universidad Nacional Autónoma de México
Nuria Andrés de Pablo
David Palacios Estremera
Universidad Complutense de Madrid

16:30 *Presentación de la Ortofoto Digital por la Empresa ALTAIS, S.L.*

17:00 *Plan de Cartografía Catastral*
Dirección General del Catastro

17:30 *Interferometría radar para medida de deformación del terreno*
Javier Guerra

18:00 *Actualización de la base de datos CORINE LAND COVER Proyecto I & CLC 2000*
I. del Bosque González
Antonio Arozarena Villar
G. Villa Alcázar
A. Porcuna Fernández-Guión Monasterio
Instituto Geográfico Nacional (IGN)

18:30 *Presentación del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de España (P.N.O.A.)*
Antonio Arozarena Villar
Guillermo Villa Alcázar
Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Aula 2

Moderador: D. Luis J. Santos Pérez

9:30 *Rectificación de planos en imágenes oblicuas*
B. Arias Pérez
D. González Aguilera
J. Gómez Lahoz
N. Sánchez Martín
Universidad de Salamanca

10:00 *El eclipse anular de Sol del 3 de Octubre del año 2005*
Fernando Martín Asín

10:30 *Establecimiento de parámetros de transformación ETRS89-ED50 precisos y genéricos empleando la base de datos de las demarcaciones mineras realizadas en la Comunidad Autónoma de Cantabria*
Julio Manuel de Luis Ruiz
Raúl Pereda García
Rafael Ferrer Torío
Universidad de Cantabria

11:00 *Planificación y ejecución de Redes de Control de Calidad en Procesos Cartográficos. El proyecto RGPA en el Principado de Asturias*
Óscar Cuadrado
Centro de Cartografía Ambiental y Territorial del Principado de Asturias
Luis García Asenjo
Universidad Politécnica de Valencia
David Hernández
Alfonso Núñez
Universidad de Salamanca

11:30 DESCANSO

12:00 *Estudio de la influencia de las correcciones geodésicas sobre trabajos topográficos realizados a partir de mediciones clásicas y de GPS*
Luis García Asenjo
Universidad Politécnica de Valencia
César Yacer
Universidad Jaime I
David Hernández
Universidad de Salamanca

12:30 *Estudio magnético de La Calderilla, Gran Canaria*
F. J. Pérez Torrado
A. Rodríguez Santana
C. Rodríguez
J. Marcos, F. Santana
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

13:00 *Análisis del subsuelo utilizando técnicas geofísicas. Sistema Georadar RAMAC/GPR*
Jorge Martín Gutiérrez
Universidad de La Laguna

13:30 *Introducción al concepto de redes VRS (Virtual Reference Stations)*
Christian Luttenberger
Trimble Europe
Miguel Amor
Trimble Navigation Ibérica

Moderador: D. Julio Mezcua Rodríguez

- 16:00 *La nueva red de estaciones para el control geomagnético en la Isla de Tenerife*
Benito Javier Casas Santiuste
Benito Casas Delgado
Centro Geofísico de Canarias- IGN
- 16:30 *Estudio de la integración de sistemas de posicionamiento y sistemas telemétricos. Prueba en aplicaciones de alta competición*
Israel Quintanilla García
José Luis Berné Valero
J. Ignacio Latorre Romero
Universidad Politécnica de Valencia
- 17:00 *Posicionamiento GPS en tiempo real a través de internet. EUREF-IP*
F. Javier González Matesanz
R. Quirós
M. Cano
A. Dalda
Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- 17:30 *Catalogación de las estaciones de referencia GPS en España*
Enrique Priego de los Santos
F. Javier González Matesanz
- 18:00 *El cambio de datum ED50-ETRS89. Métodos y resultados*
F. Javier González Matesanz
R. Quirós
M. Cano
A. Dalda
José A. Sanchez Sobrino
Instituto Geográfico Nacional (IGN)

VIERNES 22 DE OCTUBRE

Sala 1

Moderador: D. Eduardo Barredo Risco

- 9:30 *El Efecto de Soporte de Información en Imágenes Digitales Fotogramétricas*
Jorge Delgado García
F. Javier Cardenal Escarcena
Universidad de Jaén
Alfonso Gómez Molina
Universidad Politécnica de Madrid
- 10:00 *STEREOVISOR: Una nueva concepción en el ámbito de la Fotogrametría Digital basado en el empleo de sistemas fotogramétricos de bajo coste y la explotación del dato por parte del usuario*
Beatriz Bohigas Roldán
Stereocarto, S.L.
Alfonso Gómez Molina
Jorge Delgado GARCÍA
Universidad de Jaén
- 10:30 *Evaluación de una cámara digital no métrica (Canon D30) para el levantamiento fotogramétrico de edificios históricos (Iglesia de Santo Domingo de Silos, Siglo XIV, Alcalá la Real, Jaén)*
J. Delgado García
J. Cardenal
P. Castro
M.A. Hernández
J.L. Pérez
M. Ramos
M. Torres
Universidad de Jaén

- 11:00 *Extracción semiautomática de edificios mediante imágenes aéreas monoscópicas y MDS*
Jorge Delgado García
José L. Pérez
Universidad de Jaén
- 11:30 *Fotogrametría digital de bajo coste aplicada a la determinación de la superficie de una antena parabólica*
M^a Angeles Hernández
Emilio Mata
Javier Cardenal
Jorge Delgado
Universidad de Jaén

12:00 DESCANSO

12:30 CONFERENCIA DE CLAUSURA

13:00 MESA REDONDA

Sala 2

Moderador: D. Francisco J. García Lázaro

- 9:30 *Imágenes aéreas para la modelización 3D del Patrimonio (IMAP3D)*
M. Alvarez Claro
B. Arias Pérez
J. Díaz Centeno
J. Finat Codes
J. Gómez Lahoz
D. González Aguilera
M. Gonzalo Tasis
J. Herrero Pascual
C. Jiménez Pose
J. Martínez Rubio
D. Tena García
Universidad de Salamanca
- 10:00 *Análisis aplicado de métodos de calibración de cámaras para usos fotogramétricos*
N. Sánchez Martín
B. Arias Pérez
D. González Aguilera
J. Gómez Lahoz
Universidad de Salamanca
- 10:30 *La orientación relativa numérica automática por correlación y la utilización de los estimadores robustos en el programa DIGI3D*
Manuel Quirós
Ana Domingo
Universidad Politécnica de Madrid
- 11:00 *La ortofotografía verdadera obtenida a partir de sensores digitales aerotransportados: Ventajas y Aplicaciones*
Cristina Lamolda Ruiz
Tomás Fdez. de Sevilla Riaza
Felipe Plasencia Martín
Geocart, S.L.
- 11:30 *Trabajando con cámaras digitales de gran formato*
Antonio Flores Alvarez
Trabajos Aéreos, S.A.

GPS Cinemático de Precisión para la Determinación de Puntos en los Aeropuertos

Ing. Jorge Moya Zamora y Dipl.-Ing. Julio Roldán Rodríguez
UNIVERSIDAD NACIONAL (COSTA RICA)

Resumen

El establecimiento del apoyo terrestre para la navegación aérea es de vital importancia. De esa manera, el empleo del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), es el medio más utilizado actualmente tanto para la navegación de las aeronaves como en la determinación de los puntos de ayuda para dicha navegación, en lo que se refiere a las aproximaciones, los aterrizajes y ubicación en los puentes dentro de las terminales aéreas. Estas redes de puntos se deben definir con base en normas ya establecidas y reguladas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Entre las características más sobresalientes para la determinación de los puntos, está el vínculo al Sistema Geodésico Mundial WGS84, y evidentemente la exactitud en las coordenadas de los puntos, la cual es fundamental para garantizar las actividades propias de la navegación aérea. Se expondrán a continuación los resultados obtenidos al aplicar la metodología GPS cinemática en la determinación de estos puntos.

1. INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) necesitaba implementar el sistema WGS84 en las terminales aéreas de carácter internacional de acuerdo a las normas de la OACI. Es entonces cuando se contacta a la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia de la Universidad Nacional como la institución que podría asumir el proyecto. Los trabajos, tanto en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría como Daniel Oduber Quirós, se realizaron bajo la modalidad de venta de servicios que realizan las escuelas de la UNA a la sociedad costarricense. El establecimiento de las redes básicas en los dos aeropuertos se hizo utilizando la metodología de medición estática GPS, mientras que para la determinación de una serie de puntos adicionales, incluidos los ejes de las pistas, se hicieron mediciones GPS cinemáticas, cuyos fundamentos metodológicos, instrumental utilizado, elaboración de los datos y los resultados se describirán seguidamente. Se debe hacer notar que esta variante de medición GPS cumplió con los requerimientos solicitados en la determinación de los puntos de interés.

2. DESCRIPCIÓN

La modalidad GPS cinemática se aplica a la solución de los mismos problemas que resuelve el posicionamiento estático estándar, el cual fue

presentado por primera vez en 1985 por el Dr. Benjamín Remondi del US National Geodetic Survey. El método consiste en la determinación de los incrementos en coordenadas (DX, DY, DZ) en forma estática y relativa con respecto a un punto fijo (Núñez *et al.*, 1992). El posicionamiento cinemático relativo involucra al menos dos receptores, uno estacionario y otro en movimiento, y ambos deben medir en forma simultánea, obteniendo exactitudes en los resultados del orden métrico cuando se trabaja por código y centimétrica cuando se emplea medición por fase (Hofmann-Wellenhof *et al.*, 1992).

3. ESPECIFICACIONES

La OACI es la encargada de la regulación de la navegación aérea civil, y entre sus funciones actuales está la unificación de sistemas de referencia con fines de navegación. Dichos sistemas de referencia consisten en puntos ubicados en los aeropuertos de las ciudades, los cuales deben cumplir con diversas normas estipuladas por la misma OACI. Entre las regulaciones adoptadas está el vínculo de esas redes de puntos al Sistema WGS84, a través de mediciones GPS, las cuales deben cumplir con ciertos criterios.

Para el establecimiento de las redes básicas de apoyo en los Aeropuertos Internacionales Juan Santamaría y Daniel Oduber Quirós, se empleó la modalidad estática, mientras que para una serie de puntos

de interés adicional, se definieron sus coordenadas usando mediciones GPS cinemáticas. Las especificaciones para las mediciones en estos puntos implicaban lograr una exactitud de $\pm 0,250$ m en las coordenadas ajustadas de latitud y longitud elipsoidicas, hacer una ocupación de 3 minutos con un intervalo de medición de 3 segundos.

El equipo utilizado en estas mediciones consistió en un receptor GPS CORS 5700 y antena Zephyr Geodetic, ambos de Trimble, el cual se ubicó en uno o varios de los vértices de la red básica principal de acuerdo a previa planificación; este equipo funcionaba como el máster. La parte móvil consistió en un receptor geodésico 4000 SST y una antena LI Compact Dome, ambos de Trimble.

4. REPLANTEO CONVENCIONAL

El proyecto necesitaba, además del vínculo al sistema WGS84 de las redes básicas, el replanteo por medios convencionales del eje de la pista principal, intersecciones de entrada y salida de aviones y otros puntos adicionales de interés particular.

Para esta etapa se trabajó con una estación total Topcon GTS 225 de exactitud nominal $\pm 5''$ y ± 2 mm ± 2 ppm en la parte angular y lineal respectivamente; haciendo un arreglo especial con los prismas y señales luminosas (halógenos), de forma de poder replantear los puntos del eje, los cuales después servirían de base para el replanteo de las intersecciones. En esta etapa se suministraron planos de los aeropuertos a partir de los cuales se pudo extraer la información necesaria para el replanteo. En el siguiente cuadro se muestra la totalidad de puntos replanteados convencionalmente en los dos aeropuertos.

5. MEDICIÓN CINEMÁTICA

La literatura contempla tres posibilidades de hacer la inicialización del método cinemático GPS. La primera con *base estática*, la cual consiste en observar una base como si se tratara de un posicionamiento relativo

Aeropuerto Internacional Juan Santamaría		Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós	
Descripción	Total de puntos	Descripción	Total de puntos
Eje de la pista principal	20	Eje de la pista principal	9
Intersecciones	37	Intersecciones	25
Puntos adicionales	8	Puntos adicionales	12

Cuadro 1. Descripción y total de puntos replanteados convencionalmente en los Aeropuertos Internacionales Juan Santamaría y Daniel Oduber Quirós

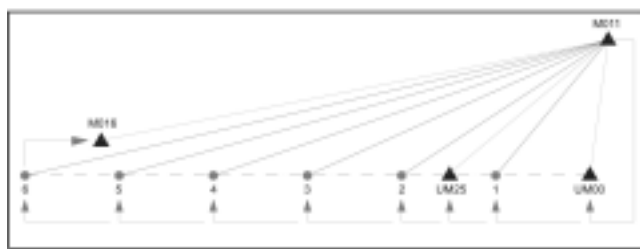


Figura 1. Descripción de la metodología de medición GPS cinemática

normal; está la *base conocida*, en la que se emplean los extremos de una base cuyas coordenadas sean conocidas con una exactitud centimétrica; y por último el *intercambio* (*swapping*) en donde se hacen las observaciones en una base relativamente corta y después de un tiempo se intercambian las antenas manteniendo siempre la señal (Núñez, et al. 1992)

De las posibilidades descritas anteriormente, se aplicó la segunda, ya que los puntos de las redes de apoyo se determinaron con una alta exactitud, suficiente para el método. Teniendo replanteados los puntos a determinar, se procedió a realizar el levantamiento cinemático, el cual se describe en los siguientes apartados, haciendo referencia a la figura 1.

- Por las exigencias en cuanto al acceso a las instalaciones del aeropuerto, la mayoría de las mediciones se realizaron entre las 00:00 horas y las 05:30 horas, lo que limitaba evidentemente el avance en el replanteo y levantamiento.
- En los puntos de la red básica principal, marcados con triángulos de color negro en la figura, se tenía la posibilidad de realizar controles durante la medición. De acuerdo con la programación establecida, se instalaba la estación máster y se hacía la iniciación con el receptor móvil en otro punto conocido. Por ejemplo, los puntos MO11 y UM00 respectivamente según la figura. Particularmente por las distancias entre los puntos de interés, se optó por acondicionar uno de los vehículos de la ETCG de forma que el receptor y un operador se ubicaran dentro del mismo y otra persona se encargara de posicionar la antena sobre los puntos. En la figura se esquematiza éstos, por los círculos numerados de color magenta.
- Específicamente, la metodología comprende iniciar en un punto conocido, recorrer los puntos nuevos y cerrar en el punto inicial. Tomando en cuenta las especificaciones de la OACI, se realizaba posicionamiento cinemático sobre los puntos por un lapso de 3 minutos con un rastreo de 3 segundos. Se tenían entonces un total de 60 mediciones; intercalando mediciones en puntos conocidos para un control adicional. El proceso se repetía dos veces, es decir, se tomaban dos conjuntos de 60 mediciones para cada punto,

AEROPUERTO INTERNACIONAL JUAN SANTAMARÍA						
Punto	LATITUD NORTE [° ‘ “]	S _{LAT} [mm]	LONGITUD OESTE [° ‘ “]	S _{LON} [mm]	ALTURA [m]	S _{ATL} [mm]
0+300	9 59 51,83584	3,42	84 11 55,02171	3,78	938,661	13,18
0+390	9 59 50,80239	12,14	84 11 57,78619	13,72	937,460	43,30
0+500	9 59 49,53878	3,80	84 12 01,16403	4,11	936,024	12,03
0+600	9 59 48,39107	10,31	84 12 04,23494	11,61	934,676	34,11
0+900	9 59 44,94457	4,58	84 12 13,44975	5,20	930,733	14,98
1+000	9 59 43,79618	13,62	84 12 16,52110	16,11	929,397	46,76
1+200	9 59 41,49814	13,63	84 12 22,66405	15,93	926,797	47,19
1+500	9 59 38,05232	7,14	84 12 31,87769	8,70	923,096	21,90
1+750	9 59 35,17951	14,97	84 12 39,55686	17,23	920,457	52,00
1+800	9 59 34,60513	14,28	84 12 41,09264	16,46	919,867	49,33
1+850	9 59 34,03123	10,63	84 12 42,62780	12,23	919,329	35,18
2+100	9 59 31,15827	12,59	84 12 50,30650	14,18	917,032	42,16
2+400	9 59 27,71357	15,37	84 12 59,52074	17,69	914,485	51,62
2+700	9 59 24,26799	13,15	84 13 08,73583	14,86	911,857	41,60
2+940	9 59 21,50927	11,64	84 13 16,10665	13,18	909,814	33,33
3+000	9 59 20,82036	11,54	84 13 17,95038	13,01	909,313	32,50
AEROPUERTO INTERNACIONAL DANIEL ODUBER QUIRÓS						
Punto	LATITUD NORTE [° ‘ “]	S _{LAT} [mm]	LONGITUD OESTE [° ‘ “]	S _{LON} [mm]	ALTURA [m]	S _{ATL} [mm]
0+000	10 35 51,47001	6,72	85 31 57,56403	7,28	91,199	24,72
0+300	10 35 48,14642	5,20	85 32 06,84318	5,70	90,014	19,52
0+600	10 35 44,82327	8,11	85 32 16,12221	9,16	88,815	25,28
0+900	10 35 41,49979	6,76	85 32 25,40196	8,34	87,742	23,83
1+200	10 35 38,17610	3,34	85 32 34,68076	4,21	87,203	14,60
1+500	10 35 34,85252	4,41	85 32 43,96032	5,70	87,105	19,09
1+800	10 35 31,52859	1,95	85 32 53,23972	2,41	87,431	15,15
2+100	10 35 28,20515	8,79	85 33 02,51851	11,24	87,476	33,57
2+400	10 35 24,88158	0,80	85 33 11,79814	5,87	86,697	26,84
2+700	10 35 21,55678	5,87	85 33 21,07661	6,97	85,378	33,01

Cuadro 2. Coordenadas elipsoidicas ajustadas y su exactitud al 95% de probabilidad dentro del Sistema WGS84, pertenecientes a los ejes de las pistas principales de los Aeropuertos Internacionales Juan Santamaría y Daniel Oduber Quirós

Punto	Latitud GPS	Longitud GPS	Diferencia ["]	Diferencia ["]	Diferencia [mm]	Diferencia [mm]
	Latitud calculada	Longitud calculada				
0+300	9 59 51,83584	84 11 55,02171	0,00005	0,00054	1,6	16,2
	9 59 51,83589	84 11 55,02225				
0+390	9 59 50,80239	84 11 57,78619	-0,00032	0,00057	-9,9	17,1
	9 59 50,80207	84 11 57,78676				
0+500	9 59 49,53878	84 12 01,16403	-0,00027	0,00156	-8,4	46,8
	9 59 49,53851	84 12 01,16559				
0+600	9 59 48,39107	84 12 04,23494	-0,00126	0,00232	-39,1	69,6
	9 59 48,38981	84 12 04,23726				
0+900	9 59 44,94457	84 12 13,44975	-0,00090	0,00244	-27,9	73,2
	9 59 44,94367	84 12 13,45219				
1+000	9 59 43,79618	84 12 16,52110	-0,00125	0,00275	-38,8	82,5
	9 59 43,79493	84 12 16,52385				
1+200	9 59 41,49814	84 12 22,66405	-0,00069	0,00305	-21,4	91,5
	9 59 41,49745	84 12 22,66710				
1+500	9 59 38,05232	84 12 31,87769	-0,00115	0,00423	-35,6	126,9
	9 59 38,05117	84 12 31,88192				
1+800	9 59 34,60513	84 12 41,09264	-0,00033	0,00408	-10,2	122,4
	9 59 34,60480	84 12 41,09672				
2+100	9 59 31,15827	84 12 50,30650	0,00011	0,00493	3,4	147,9
	9 59 31,15838	84 12 50,31143				
2+400	9 59 27,71357	84 12 59,52074	-0,00169	0,00535	-52,4	160,5
	9 59 27,71188	84 12 59,52609				
2+700	9 59 24,26799	84 13 08,73583	-0,00268	0,00489	-83,1	146,7
	9 59 24,26531	84 13 08,74072				
3+000	9 59 20,82036	84 13 17,95038	-0,00169	0,00490	-52,4	147,0
	9 59 20,81867	84 13 17,95528				

Cuadro 3. Cuantificación de las diferencias entre las coordenadas ajustadas GPS y las calculadas con base en el problema directo para puntos del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.

Punto	Latitud GPS	Longitud GPS	Diferencia ["]	Diferencia ["]	Diferencia [mm]	Diferencia [mm]
	Latitud calculada	Longitud calculada				
0+000	10 35 51,47001	85 31 57,56403	0,00017	-0,00008	5,27	-2,40
	10 35 51,46984	85 31 57,56411				
0+300	10 35 48,14642	85 32 06,84318	-0,00005	-0,00053	-1,60	-15,90
	10 35 48,14647	85 32 06,84371				
0+600	10 35 44,82327	85 32 16,12221	0,00024	-0,00106	7,68	-31,80
	10 35 44,82303	85 32 16,12327				
0+900	10 35 41,49979	85 32 25,40196	0,00027	-0,00081	8,64	-24,30
	10 35 41,49952	85 32 25,40277				
1+200	10 35 38,17610	85 32 34,68076	0,00018	-0,00146	5,76	-43,80
	10 35 38,17592	85 32 34,68222				
1+500	10 35 34,85252	85 32 43,96032	0,00027	-0,00129	8,64	-38,70
	10 35 34,85225	85 32 43,96161				
1+800	10 35 31,52859	85 32 53,23972	0,00008	-0,00122	2,56	-36,60
	10 35 31,52851	85 32 53,24094				
2+100	10 35 28,20515	85 33 02,51851	0,00047	-0,00170	15,04	-51,00
	10 35 28,20468	85 33 02,52021				
2+400	10 35 24,88158	85 33 11,79814	0,00080	-0,00130	25,60	-39,00
	10 35 24,88078	85 33 11,79944				
2+700	10 35 21,55678	85 33 21,07661	-0,00003	-0,00200	-0,96	-60,00
	10 35 21,55681	85 33 21,07861				

Cuadro 4. Cuantificación de las diferencias entre las coordenadas ajustadas GPS y las calculadas con base en el problema directo para puntos del Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós.

procurando que entre las mediciones transcurriera un lapso de tiempo de una hora aproximadamente. De esta forma, en cada punto se tomaron un total de 120 mediciones. En la figura se destaca el recorrido del rover con la línea de color rojo. El recorrido doble implica pasar del punto M016 al punto UM00 y luego repetir las mediciones sobre todos los puntos.

- Entre los cuidados se destaca el mantenimiento de la señal durante toda la medición, el chequeo del número de satélites y la vigilancia de la altura de la antena, así como de la verticalidad del bastón. Estos cuidados no fueron mayor problema, ya que evidentemente se

trabajó sobre las pistas y zonas aledañas, las cuales son zonas sin ningún obstáculo considerable.

- Una vez efectuada la medición cinemática, se elaboraron los datos con el programa suministrado por el fabricante, en este caso el TGO versión 1.6 de Trimble. La generación de los vectores desde el punto conocido permite calcular las coordenadas de los puntos de interés, además de poder realizar un ajuste por mínimos cuadrados para obtener tanto la posición tridimensional ajustada como su desviación estándar. Los vectores GPS se marcan en la figura con líneas de color azul a los puntos nuevos y con líneas de color naranja los vectores de control entre puntos conocidos.

6. RESULTADOS

Se expondrán a continuación los resultados en las coordenadas ajustadas de los puntos que definen solamente los ejes de la pista principal de ambos aeropuertos, los de cadenamiento completo, por considerarlos de un mayor interés y además porque sobre ellos se realizará tanto el despegue como el aterrizaje de las aeronaves. En el Cuadro 2 se muestran las coordenadas elipsoídicas ajustadas de los puntos y su exactitud referida al sistema WGS84, marco de referencia ITRF2000. Del cuadro se desprende que la exactitud al 95% de probabilidad las coordenadas de latitud y longitud cumple totalmente con los requerimientos solicitados. La componente vertical por su naturaleza, es siempre menos exacta que la parte horizontal.

En el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, la exactitud va desde los 3,8 mm a los 17,7 mm en las coordenadas de latitud y longitud, mientras que la exactitud en la altura elipsoídica está entre los 12,0 mm y 52,0 mm. En el Aeropuerto Daniel Oduber Quirós, el comportamiento es de 1,0 mm a los 11,0 mm en latitud y longitud. En altura es de 20,0 mm a los 34,0 mm.

Adicionalmente a la elaboración de las mediciones GPS cinemáticas y los resultados tan favorables, se decidió realizar una prueba de cálculo extra, para verificar en principio las coordenadas obtenidas con este método. Se calcularon las coordenadas elipsoídicas de los puntos de interés haciendo uso de las fórmulas de la geodesia matemática que permiten determinar coordenadas de un punto, a partir de tres elementos conocidos sobre la superficie del elipsoide: las coordenadas de un punto, la distancia y el azimut desde un punto al que se quiere dar posición, el denominado problema directo. En los Cuadros 3 y 4 se muestran las diferencias, en segundos de arco y en forma lineal, entre las coordenadas obtenidas por GPS y las calculadas.

7. CONCLUSIONES

En forma general, el proceso de medición GPS empleado en esta determinación, además del análisis de los resultados obtenidos, permiten concluir básicamente:

- La metodología de medición GPS en la modalidad cinemática brinda resultados satisfactorios, considerando que se puede realizar el levantamiento de una gran cantidad de puntos en forma relativamente rápida. El tiempo que se debe medir sobre los puntos debe ser tal que permita resolver la ambigüedad en las observaciones GPS.

- Las desviaciones estándar en las coordenadas ajustadas reflejan, en primer lugar, que en el proyecto de los aeropuertos la metodología cinemática cumplió a satisfacción con las especificaciones de la OACI. Sin embargo, en un contexto más generalizado, actualmente en Costa Rica es una posibilidad real, para muchos de los colegas, ya que los equipos modernos de GPS contemplan esta variante en las mediciones y la misma puede aplicarse en la determinación de puntos con fines catastrales en donde la exactitud requerida sea de $\pm 0,050$ m.
- La modalidad GPS cinemática es de aplicación relativamente nueva en el país, se puede seguir haciendo investigaciones y recomendaciones al respecto, de manera de definir criterios técnicos y metodológicos que permitan una optimización de la misma. En ese sentido, la georreferenciación de los objetos para su integración posterior a sistemas de información geográfica o a la actualización catastral, se verá altamente beneficiada por la rápida captura de la información, con una exactitud acorde a casi cualquier levantamiento topográfico convencional, quedando de momento el GPS un poco atrás, por sus limitaciones, en ciertas áreas en donde la topografía convencional no se ha podido sustituir.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Hoffman-Wellenhof, B; Lichtenegger, H.; Collins, J.: *"Global Positioning System: Theory and Practice"*. Adolf Holzhausens Nachfolger, Springer, Viena, Austria. 1992. 326 p.
- Núñez-García, A.; Valbuena, J.L.; Velasco, J.: *"GPS: La nueva era de la topografía"*. Ediciones de las ciencias sociales. Madrid, España. 1992. 236 p.
- OACI: *"Manual del sistema geodésico mundial 1984 (WGS84)"*. Organización de Aviación civil Internacional. Primera edición. Catálogo de publicaciones y ayudas audiovisuales de la OACI. 1997.
- Roldán, J.; Moya, J.: *"Medición GPS, replanteo convencional y medición GPS cinemática, para la determinación de posiciones dentro del sistema mundial WGS84 en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría"*. Informe final. Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 2004. 37 p.
- Roldán, J.; Moya, J.: *"Medición GPS, replanteo convencional y medición GPS cinemática, para la determinación de posiciones dentro del sistema mundial WGS84 en el Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós"*. Informe final. Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 2004. 38 p. ■

Análisis y aplicación de la Transformación K-L y sus características de información

Fengxiang Jin, Shifeng Ding
SHANDONG UNIVERSITY (CHINA)

Resumen

En este artículo se presenta brevemente la Transformación Ortogonal con un Error Medio Cuadrático mínimo, conocida como la Transformación K-L. A continuación, se analizan las características de información de la Transformación K-L desde el punto de vista de la teoría de la información. Se presenta una nueva idea acerca del empleo de la Entropía Indicadora para la medición de la cantidad de información. Se dan algunos resultados activos mediante un ejemplo real

Abstract

This paper makes a brief introduction about the Orthogonal Transform with a minimum of Mean Square Error (MSE), called K-L Transform. Then the information features of K-L transform is analyzed from the viewpoint of information theory. A new idea is presented about using Indicating Entropy to measure the information quantity. Some active results are shown following a practical example

1. INTRODUCCIÓN

El Reconocimiento de los Patrones de Información es una nueva idea que ha sido introducida por el autor en el análisis de datos. Su finalidad principal es estudiar la información útil que se incluye en los datos digitales acumulados históricamente y tratar problemas tales como la Evaluación de la Información, la Extracción de la Información, la Medición de la Información y la Descripción de la Información [1] [2].

La teoría del Reconocimiento de Patrones es un nuevo campo científico que se ha desarrollado durante los últimos 30 años. Sus métodos y teorías se emplean ampliamente en casi todos los campos, pero su aplicación en el campo de la Topografía y la Cartografía se encuentra en su etapa inicial, existiendo algunos trabajos de investigación acerca de su uso en la Topografía realizados por algunos expertos [1] [2].

Con el desarrollo de los SIG se están enriqueciendo los datos geográficos y cada vez existe en ellos más información. Al mismo tiempo que está creciendo el volumen y cantidad de la misma, se está haciendo más compleja en sus relaciones. Para poder extraer y emplear más eficazmente la información incluida en los datos, deben establecerse las correspondientes teorías y métodos, pudiéndose entonces utilizar para efectuar el análisis y la extracción de información. Se va a convertir en

un campo muy importante de la teoría del proceso de los datos digitales.

Para poder estudiar un problema se obtiene generalmente una gran cantidad de datos digitales a partir de las características del objeto estudiado. Hay veces que, a través de una acumulación histórica de datos, se forma un enorme conjunto de datos digitales. Al analizarlos surgen dos problemas; el primero es que el enorme número de características acarrea dificultades para el análisis de la información de los datos y el segundo es que la correlación de las características hace a los datos muy complejos.

Normalmente, antes de proceder al análisis de los datos es necesario aplicarles un procesamiento previo, del tipo denominado Compresión de Elementos [3] [4], pero previamente se debe hacer un análisis de la información, con el fin de determinar y escoger el mejor método de proceso de datos. Este análisis de la información incluye la evaluación de la información, la medición de la información y el análisis de la información de los elementos. Además, con el fin de establecer el modelo matemático más razonable de la información utilizable, que es la que nos queda entre la cantidad total de la información y la pérdida, debe estudiarse la estructura y la cantidad de información de que disponemos. En consecuencia, este artículo presenta algunas partes de los trabajos realizados en este campo por nuestro grupo de investigación.

Son muchos los investigadores que han trabajado en problemas similares basándose en métodos como los de análisis de correlación [5], análisis de los componentes principales [6] y análisis de conjuntos sin depurar [7], pero todos ellos están lejos de resolver los problemas. Sin embargo, se han hecho pocos trabajos desde el punto de vista de la teoría de la información. Este artículo realiza una breve introducción a la Transformación Ortogonal con un Error Medio Cuadrático Mínimo, conocida como la Transformación K-L. A continuación se analizan las características de información de la Transformación K-L desde el punto de vista de la teoría de la información, presentándose una nueva idea acerca del empleo de la Entropía Indicadora para la medición de la cantidad de información. Se dan algunos resultados reales mediante un ejemplo práctico.

2. LA TRANSFORMACIÓN K-L Y SUS CARACTERÍSTICAS

Supongamos que existe un vector característico de n dimensiones, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)'$, cuya matriz de covarianza es $\Sigma_x = E[(x - \bar{x})(x - \bar{x})']$ y su expectación es $\bar{x} = E(x)$, $T = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n)'$ que es una matriz de transformaciones ortogonal, en la que ϕ_i es el correspondiente eigenvector del i -th eigenvalor λ_i de Σ_x . Los valores λ_i y ϕ_i se cumplen para:

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n \geq \dots \geq \lambda_n \quad \phi_i \phi_j = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \quad (1)$$

Basándose en la Transformación Ortogonal, el vector x puede transformarse en $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)'$, es decir:

$$y = T'x = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n)'x \quad (2)$$

por tanto

$$x = (T')^{-1}y = Ty = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n)y = \sum_{i=1}^n y_i \phi_i \quad (3)$$

Con la condición de que el Error Medio Cuadrático sea mínimo, la transformada $y = T'x$ se llama Transformación K-L y $x = Ty$ se conoce como la expansión K-L de x . La covarianza de y es:

$$\Sigma_y = E(y - \bar{y})(y - \bar{y})' = T' \Sigma_x T = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) \quad (4)$$

En la práctica del análisis de datos Σ_x se reemplaza generalmente por su valor estimado a partir de los datos. Además, la traza de la covarianza es de certidumbre, como se demuestra a continuación.

Supongamos otra matriz ortogonal $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ y que su transformada ortogonal sea $z = V'x$. La varianza de z_i es:

$$m_i = \text{var}(z_i) = E(z_i - \bar{z}_i)^2 \quad (5)$$

De acuerdo con la base ortogonal $\{u_j\}$, cada vector ortogonal v_i podría expandirse de acuerdo con:

$$v_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} u_j, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

donde el coeficiente es $a_{ij} = u_j' v_i$, $i, j = 1, 2, \dots, n$ (r)

Sea $a_1 = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n})'$ (7)

A partir de la fórmula (7) y del vector ortogonal v_i, v_j ($i \neq j$), sabemos que $a_1, a_2, \dots, a_n$ son aun vectores ortogonales. Así que:

$$\begin{aligned} m_i = \text{var}(z_i) &= v_i' \Sigma_x v_i = \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \phi_j \right)' \Sigma_x \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \phi_j \right) = \\ &= \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \phi_j \right)' \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \sum_{x} \phi_j \right) = \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \phi_j \right)' \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \lambda_j \phi_j \right) = \\ &= \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 \lambda_j = \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 \text{var}(y_j) \end{aligned} \quad (8)$$

En consecuencia, considerando $\sum_{j=1}^n a_{ij}^2 = 1$, tenemos que:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n m_i &= \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n a_{ij}^2 \text{var}(y_j) \right] = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^n a_{ij}^2 \right) \text{var}(y_j) = \\ &= \sum_{j=1}^n \text{var}(y_j) = \sum_{j=1}^n \lambda_j \end{aligned} \quad (9)$$

por lo que la conclusión es correcta.

3. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACIÓN Y MEDICIÓN DE LA INFORMACIÓN

Aplicando el proceso de Transformación K-L y siguiendo sus reglas, la información en x se transmite totalmente al nuevo vector variable y . Esta transformación hace que la información interna salga al exterior. Para nosotros lo más fácil sería que comprendiéramos bien la distribución de la información, así como la estructura y la magnitud de la misma, y obtuviésemos las características de la información de los datos.

3.1. Características indicativas de la información

La Transformación K-L indica que toda la información se sitúa en un espacio ortogonal. Las nuevas variables son independientes entre sí. Los eigenvalores ilustran la magnitud de la información. Cuanto más grande es el eigenvalor, más información existe. Así pues, las características indicativas de la información podrían discutirse a partir de las siguientes premisas:

1. La Transformación K-L hace que la información correlativa original se convierta en información independiente y se presenta en un espacio ortogonal, lo que hace posible el estudio de la categoría y magnitud de la información.
2. λ indica la magnitud de la información. Cuanto más grande es el eigenvalor más información existe; cuando $\lambda_i = 0$ significa que no existe ninguna información en la dimensión i .
3. La Transformación K-L presenta las características de la distribución de la información en el espacio y la eficacia de la transmisión de la información.
4. Dado que la Transformación K-L es única, la estructura de la información presentada es también única, lo que hace que sea posible la medición de dicha información.

3.2. La Entropía Indicativa y sus características informativas

Una transformada de λ_i se efectúa de la siguiente forma:

$$\rho_i = 1 - \lambda_i / \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad \sum_{i=1}^n \rho_i = 1, \quad 0 \leq \rho_i \leq 1 \quad (10)$$

de ahí que ρ_i tiene las propiedades numéricas de la probabilidad y es semejante a la definición de la función entropía, por lo que obtenemos la función de cuasi-entropía y la entropía indicativa como sigue:

$$I(\lambda_i) = -\log \rho_i, \quad i = (1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

$$H(T) = H(\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n) = -\sum_{i=1}^n \rho_i \log \rho_i \quad (12)$$

$H(T)$ refleja la desigualdad de ρ_i o $\text{var}(y_i)$. De acuerdo con la fórmulas (11) y (12), tenemos que:

1. $I(\lambda_i)$ denota la magnitud de la información en λ_i . Cuanto mayor es λ_i mayor será $I(\lambda_i)$.
2. Cuando todos los λ_i son iguales entre sí, el valor que indica la entropía alcanza su máximo.
3. En comparación con otras transformaciones ortogonales, la Transformación K-L da un valor mínimo a la entropía indicativa. Ilustra de esta forma que la descripción de la información obtenida a partir de la Transformación K-L es la menor y más sencilla, como se demuestra a continuación.

Si la fórmula (10) se transforma como sigue:

$$\sigma_i = 1 - m_i / \sum_{j=1}^n m_j, \quad \sum_{i=1}^n \sigma_i = 1, \quad 0 \leq \sigma_i \leq 1 \quad (13)$$

en consecuencia, la entropía indicativa de la información se obtiene de

$$H(V) = H(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n) = -\sum_{i=1}^n \sigma_i \log \sigma_i \quad (14)$$

A partir de las fórmulas (8) y (9), podemos obtener

$$\begin{aligned} \sigma_i &= 1 - m_i / \sum_{j=1}^n m_j = 1 - \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 \lambda_j / \sum_{j=1}^n \lambda_j = \\ &= \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 - \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 \lambda_j / \sum_{j=1}^n \lambda_j = \\ &= \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 (1 - \lambda_j / \sum_{j=1}^n \lambda_j) = \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 \rho_j \end{aligned} \quad (15)$$

Usando la desigualdad de Jensen para la función de menor convexidad, obtenemos que:

$$\sigma_i \log \sigma_i = \left(\sum_{j=1}^n a_{ij}^2 \rho_j \right) \log \left(\sum_{j=1}^n a_{ij}^2 \rho_j \right) \leq \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 \rho_j \log \rho_j \quad (16)$$

y de acuerdo con las fórmulas (14) y (16), podemos obtener

$$\begin{aligned} H(V) &= -\sum_{i=1}^n \sigma_i \log \sigma_i \geq -\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij}^2 \rho_j \log \rho_j \right) = \\ &= -\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^n a_{ij}^2 \right) (\rho_j \log \rho_j) = -\sum_{j=1}^n \rho_j \log \rho_j = H(T) \end{aligned}$$

Debido a la arbitrariedad de V tenemos que

$$H(T) = \min_v \{H(V)\} \quad (17)$$

de modo que la conclusión es correcta.

4. Ejemplo

Los datos provienen de las muestras de 7 características, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ [10]. La estimación de $\sum_x$ es R .

$$R = \begin{bmatrix} 1,0000 & -0,2912 & -0,5705 & -0,5676 & 0,8513 & -0,3886 & 0,0000 \\ & 1,0000 & 0,2725 & 0,2593 & -0,3444 & -0,1386 & 0,0000 \\ & & 1,0000 & 0,9869 & -0,7485 & 0,6695 & 0,0000 \\ & & & 1,0000 & -0,7356 & 0,7779 & -0,5855 \\ & & & & 1,0000 & -0,4729 & 0,2793 \\ & & & & & 1,0000 & -0,8875 \\ & & & & & & 1,0000 \end{bmatrix} \quad (11)$$

En la tabla I se listan los eigenvalores de R , los índices de información, la entropía indicativa, los índices de información acumulada y los índices de contribución.

Tabla 1

Variable	eigenvalores (λ)	Índice de información (ρ)	$\rho_i \log \rho_i$	Índice de información acumulada (AIR)	Índice de contribución (TCR)
1	4,2444	0,3937	0,5294	68,74	60,63
2	1,2513	0,8212	0,2333	83,26	78,51
4	0,9202	0,8685	0,1766	93,66	91,63
4	0,4348	0,9374	0,0874	98,43	97,91
5	0,1136	0,9838	0,0231	99,63	99,54
6	0,0314	0,9951	0,0070	99,99	99,99
7	0,0007	0,9999	0,0001	100,00	100,00
Entropía indicativa			1,0569		

A partir de la tabla 1 se pueden sacar las siguientes conclusiones:

La cantidad de información de los datos es de 1,0569 bits. Comparándola con su máxima cantidad $\log_2 6 = 2,8074$ (bajo una distribución uniforme de la información), resulta pequeña. Así pues, la distribución de la información no es uniforme en cada dimensión. La información principal se concentra en las tres primeras dimensiones, es decir, en las primeras variable nuevas. Esto nos indica que los datos originales están fuertemente correlacionados entre sí.

REFERENCIAS

- [1] Jin Fengxiang, Wang Tongxiao, Du Zhixing. *Pattern recognition on surveying data information analysis* [J], The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 1999,9(2):425-430 (en chino)
- [2] Du Zhixing, Jin Fengxiang, Wang Tongxiao et al. *Pattern Recognition Method for Periodical Error Test* [J], Sichuan Surveying and Mapping, 1999,22(1):11-14 (en chino).
- [3] Bian Zhaoqi, Zhang Xuegong. *Pattern Recognition* [M]. Beijing: Tsinghua University Publishing House, 2000 (en chino).
- [4] Sun Jixiang. *Modern Pattern Recognition* [M]. Changsha: The Defence University of Science and Technology Publishing House, 2002 (en chino).
- [5] Ji Xiaojun, Li Shizhong, Li Ting. *Application of the correlation analysis in feature selection* [J], Journal of Test and Measurement Technology, 2001,15(1):15-18 (en chino).
- [6] Zeng Huanglin, Yu Juebang, Zeng Qian. *System feature reduction on principal component analysis* [J], Journal of Sichuan Institute of Light Industry and Chemical Technology, 1999,12(1):1~4 (en chino).
- [7] Zeng Huanglin, Yuan Zengren. *About a new approach of selection and reduction on system feature in pattern recognition* [J], Journal of Sichuan Institute of Light Industry and Chemical Technology 1999,12(4):1-5 (en chino).
- [8] Shannon, C.E. *A Mathematical Theory of Communication* [J]. BSTJ, 1948,379-423.
- [9] Jiang Dan. *Theory of Information* [M]. Hefei: The Publishing House of China University of Science and Technology, 1987 (en chino).
- [10] Li Jinzong. *Introduction of Pattern Recognition* [M]. Beijing: High Education Press, 1994 (en chino), 442.
- [11] Wang Xueren. *Multivariate Statistics Analysis of Geology Data* [M]. Beijing: Science Press, 1982 (en chino), 298-300.
- [12] Jin Fengxiang etc. *Pattern Recognition Problem in Deformation Monitoring and Analysis* [J], The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 1997(3). ■

Técnicas Innovadoras en la Administración Territorial: Reparcelación Estructurada para el Desarrollo Territorial Moderno

Martijn J. Rijdsdijk
CATASTRO DE HOLANDA

Resumen

Durante los últimos años, la población de las zonas rurales de Europa se ha enfrentado a muy diversos desastres. Además de las casi anuales inundaciones fluviales, hubo la peste porcina en 1997, en el 2001 el mal de las vacas locas y ahora se teme un brote de una epidemia de BSE. En Holanda, para evitar nuevos brotes de epidemias, las granjas se han reestructurado mediante una concentración parcelaria. Ha habido que establecer nuevos corredores naturales entre granjas. Esta concentración parcelaria innovadora puede ser también la solución para evitar las inundaciones. En ambos casos, una estrategia a seguir sería el desplazar las granjas a otros lugares. Estos planes han conducido a varias reparcelaciones en el área rural holandesa. Los estudios de reparcelación realizados mediante un catastro que incluya aplicaciones innovadoras, son útiles para dar la cifra del número de hectáreas que deben de ser adquiridos para alcanzar los objetivos. Da una información muy útil para los políticos, para las comisiones de Desarrollo Territorial y para la Junta de Aguas, para poder escoger una parcelación óptima. El autor ha desarrollado un modelo estructural para que el catastro holandés pueda efectuar un plan de reparcelación óptimo.

Abstract

In the European rural area, people have been faced with several disasters in the past years. Next to the yearly high river floods, there was pig pestilence in 1997, in 2001 there was foot and mouth-disease and till now there's fear for outbreak of BSE. In the Netherlands, farms will be deconcentrated by land consolidation to avoid new outbreaks of diseases. Between farms, corridors of nature have to be developed. Innovative land consolidation can also be a solution to avoid floods. For both, a strategy is to move farms to other areas. These plans have led to several new allocations in the Dutch rural area. Allocation studies made by a cadastre supported with innovative applications, are useful to get insight in the number of acres which has to be bought to get the objectives. It gives useful information to the politics, land development commissions and the Waterboard to choose the most optimal allocation. The author has developed a structural model for the Dutch cadastre to perform an optimal allocation plan.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la población de las zonas rurales de Europa se ha enfrentado a muy diversos desastres. Además de las casi anuales inundaciones fluviales, hubo la peste porcina en 1997, en el 2001 el mal de las vacas locas y ahora se teme un brote de una epidemia de BSE. En Holanda, las granjas se han tenido que desconcentrar para evitar nuevos brotes de epidemias. La nueva ley sobre la Reconstrucción del Área Rural es el nuevo instrumento de este proceso. El principal instrumento para implementar esta ley es una concentración parcelaria activa. Las granjas se agruparán y se establecerán corredores naturales.

Otro aspecto importante es el de la lucha contra las inundaciones. Un nuevo tipo de estrategia es la denominada *Capacidad para los Ríos*, que

ha inspirado la política de la gestión de aguas en Holanda. Es cierto que se pueden elevar los diques; también es posible crear algunas áreas de retención para almacenar el agua durante los periodos de crecidas. Pero para que esta reconstrucción tenga éxito y la gestión de recursos hidrológicos también, hay que trasladar las granjas a otros lugares. Una concentración parcelaria innovadora puede ser la solución para crear estas áreas. Los planes de reconstrucción para evitar nuevas inundaciones han llevado a que se efectúen varias reparcelaciones el área rural holandesa.

Para implementar estos planes hay que tener en cuenta dos aspectos muy importantes. Primero, es importante alcanzar las metas principales y por tanto evitar que las plagas de los animales se extiendan. En segundo lugar, hay que proteger las vidas de los que habitan junto a los



- **Digi3D**
Estación de fotogrametría digital
- **TopCal21**
Cálculos topográficos
- **MDTop**
Modelos digitales del terreno
- **AeroTri**
Programa de aerotriangulación

www.digi21.net

902 21 51 21

Ctra. Canillas 138
2º planta, oficina 16 C
28043 Madrid



ros. Pero hay que acelerar este proceso. Cada año se pueden volver a destruir terrenos y objetos y a morir personas y animales. Si se han escogido de forma definitiva las políticas para la instrumentación del desarrollo territorial dentro de un área especificada, las decisiones deben ser tomadas a la mayor brevedad posible. De ahí que un estudio de reparcelación sea un buen instrumento para ello. Este tipo de estudios pueden dar una buena visión de los resultados de los desplazamientos operativos de los terrenos, y en ellos se presentan los pros y los contras de realizar la concentración parcelaria de las fincas en un área rural específica.

El catastro es un buen candidato para efectuar este tipo de estudios de concentración parcelaria. El catastro tiene experiencia para hacer los planes de reparcelación y tiene almacenados todos los datos necesarios, tales como los derechos de propiedad de las parcelas. En segundo lugar, el catastro suele tener, a menudo, una buena experiencia en el manejo de aplicaciones de SIG. Estos estudios de reparcelación son muy útiles para tener una visión del número de hectáreas que se deben adquirir para alcanzar los distintos objetivos. El estudio suministra a los políticos locales, nacionales, y a la Junta de Aguas, información de gran utilidad para escoger la reparcelación más óptima. El autor ha desarrollado un modelo por pasos, muy práctico para realizar estos estudios de reparcelación. Dependiendo de la fase de desarrollo y de los objetivos a alcanzar en el mismo, se pueden efectuar los adecuados estudios de reparcelación con este modelo.

En este artículo se describen los contenidos del modelo por pasos para efectuar el estudio de una reparcelación. En el apartado 2 se enumeran los tres elementos de un estudio de reparcelación. En el siguiente apartado se expone una visión de la reconstrucción de terrenos en el futuro y del nuevo arte de gestionar las aguas. En el apartado 4 se presenta la

posible intervención del catastro en el proceso de la reparcelación y en la actual gestión de las aguas. Se destaca la manera en la que los catastros pueden colaborar en el proceso de realizar los estudios de reparcelación, haciendo además uso del modelo por pasos del autor.

2. EL ESTUDIO DE LA REPARCELACIÓN ES UN INSTRUMENTO VALIOSO

Durante la fase de planificación, y también a lo largo del programa de desarrollo territorial, es posible efectuar un estudio de la reparcelación mediante el catastro. Este estudio muestra los posibles cuellos de botella que se presentan,

debido a las medidas de la planificación del desarrollo y la concentración parcelaria. También da las posibles soluciones para solventar los posibles cuellos de botella en la toma de decisiones. Un estudio de reparcelación consta de tres partes opcionales: el registro de los usos del suelo, el cálculo de los modelos de reparcelación y el diseño de las parcelas. Cuáles de estas partes se tendrán en cuenta en el estudio de reparcelación depende de la fase del proyecto específico de desarrollo territorial y del proceso de concentración parcelaria.

2.1. Las tres partes opcionales de un estudio de reparcelación

2.1.1. El registro de los usos del suelo

La primera parte opcional de un estudio de reparcelación es la de confeccionar un registro de los usos del suelo. Los resultados concretos de este tipo de registro consisten en diversas estadísticas.



Los objetivos de estos registros de los usos de suelo son:

- *Aclarar la situación actual del área del proyecto:* Para la descripción de la situación actual del área se emplean diversas estadísticas, tales como número de parcelas por propietario, uso del terreno como porcentaje de la superficie total, superficie media de parcelas con casas, etc.
- *Preparar los datos de entrada para la siguiente fase del estudio de reparcelación:* El cálculo de los diferentes modelos de reparcelación

Una primera etapa del registro de los usos de suelo es la recogida de la información necesaria para calcular las estadísticas. Los datos de propiedad se pueden sacar del registro territorial. La información de los usos del suelo se puede obtener preguntando a los habitantes locales o a la Comisión de Desarrollo Territorial. También se recogen los datos de las políticas locales que afectan al área (planes y restricciones).

El segundo paso es el análisis de la información. Uno de los productos que mejor ilustran la situación actual de la zona es el mapa de usos de las parcelas. También se emplean otros medios de visualización, como gráficos o diagramas. La Comisión de Desarrollo Territorial y el Registro Territorial deben decidir qué parcelas se integran en el desarrollo territorial y cuáles no.

Para preparar los datos de entrada de la siguiente parte del estudio de reparcelación, que consiste en el cálculo de los diferentes modelos de reparcelación, se emplean diversos datos del registro de usos del suelo. Ejemplo de ello son la información de usuarios, con todas sus parcelas, la topografía y las restricciones.

2.1.2. Cálculo de los modelos de reparcelación

Uno se debe de hacer distintas clases de preguntas específicas, tales como: ¿Antes de realizar la reparcelación final, cuántos terrenos hay que adquirir? ¿Y dónde? ¿Y si ya existe un plan de desarrollo territorial con sus correspondientes líneas maestras, cuál sería la mejor reparcelación para alcanzar el éxito? El cálculo de los modelos de reparcelación nos llevará a una reparcelación al nivel de subáreas.

Primero, se necesita la información del registro de usos del suelo. Segundo, se puede decidir hacer una encuesta acerca de los deseos de los usuarios de los terrenos. Esto hace más realista al estudio. El diseño de una reparcelación de alta calidad precisa de una toma de decisiones sin el menor sesgo.

El catastro de Holanda emplea, con este fin, el programa de reparcelación denominado *Transfer*. Los datos de entrada del programa *Transfer* consisten en todos los usuarios con sus parcelas, infraestructuras y las restricciones existentes para la reubicación de las parcelas. El algoritmo del programa *Transfer* tiene la posibilidad de calcular las distancias mínimas entre las parcelas con vivienda y el resto. Dicho algoritmo también intenta concentrar estas parcelas.

El programa *Transfer* hace los cálculos a nivel de subárea. Con este programa es posible calcular diferentes modelos, como, por ejemplo, las versiones del 100%, 60/40% y 70/30%. Un modelo del 100% significa que el programa calcula un modelo en el que el 100% de los terrenos se sitúan alrededor de la vivienda. Un modelo del 60/40% significa que el programa calcula un modelo reparcelando los terrenos y situando un 60% de ellos alrededor de la vivienda de la granja y el 40% restante en otros lugares de la zona. El programa *Transfer* señalará, como resultado de los cálculos, una impresión en rojo de la supra-demanda y en azul de la infra-demanda de terrenos en cada subárea. También indica aquellas granjas que pueden obtener terrenos en otras subáreas. El usuario puede alcanzar un equilibrio de forma manual, que puede visualizarse en gris.

2.1.3. Diseño de parcelas

Es posible que, en un estadio posterior del proyecto de desarrollo territorial, aparezcan nuevos cuellos de botella. También es posible que, tras el cálculo de los distintos modelos de reparcelación, se necesite investigar dichos cuellos de botella en profundidad. En este caso, y a continuación, es posible realizar el diseño de parcelas. Para ello se puede aumentar la visión de un cuello de botella específico dentro de una subárea determinada.

En estas zonas se diseñará un croquis, en el que se incluya la información conocida de usos del suelo. Las nuevas parcelas se croquizarán sobre los mapas topográficos. Estos mapas también representarán todos los elementos comunes existentes en el plano (carreteras, cursos de agua, terrenos destinados al ocio, etc.) que permanecerán ajenos a la reparcelación. Los resultados de esta investigación constituirán la base de las actividades que siguen.

Para realizar estos valiosos estudios de reparcelación se emplean herramientas informáticas tales como Map Info o ArcView.

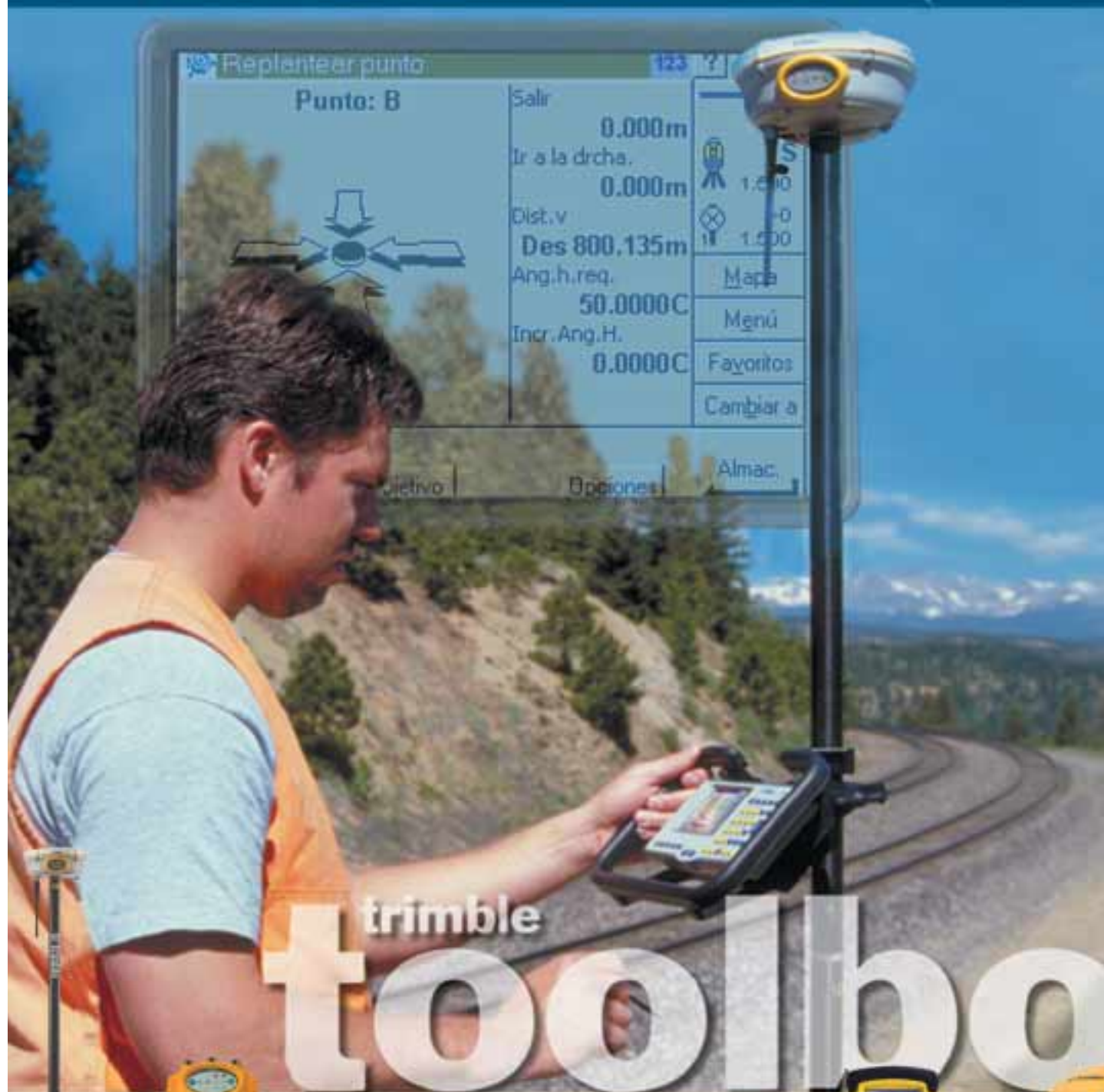
2.2. Un modelo, estructurado por pasos, para efectuar el estudio de una reparcelación

2.2.1. El modelo por pasos

El estudio de una reparcelación consta de tres partes opcionales: el registro de los usos del suelo, el cálculo de los modelos de reparcelación y el diseño de parcelas. La elección de integrar una de estas partes en un estudio de reparcelación depende de la fase en que se encuentre el proyecto específico de desarrollo territorial dentro del conjunto global de desarrollo territorial.

El estudio de reparcelación es un proceso con unos datos de entrada, una transformación y unos datos de salida. El autor ha construido un práctico modelo por pasos para acelerar la totalidad del proceso del estudio de la reparcelación. Este modelo por pasos puede ser empleado

SISTEMAS AVANZADOS DE TOPOGR



800 RTK
ROVER



ESTACIÓN TOTAL
GPS 5700



ESTACIÓN
DE REFERENCIA NETRS



CONTROLADOR
ACU



TERMINAL
RECON



GEDEXPLORER
XM/XT



Santiago & Cintra Ibérica, S. A.
Calle José Echegaray, nº 4
P.A.E. Casablanca B5
28100 Alcobendas Madrid (España)
Tel. +34 902 12 08 70 - Fax. +34 902 12 08 71

Delegaciones:

Cataluña: 669 59 65 48
Comunidad Valenciana: 669 56 05 20
Andalucía: 699 45 82 23

A Y CARTOGRAFÍA

 **Trimble**







**NIVEL DIGITAL
DINI**



**ESTACIÓN TOTAL
SERVO 5503**



**ESTACIÓN TOTAL
ROBOTIZADA 5600 DR**



**LASER ESCANER
MENSI 3D**



**ESCANER LASER 3D
CALLIDUS**

de forma práctica por un operador. Dentro de este modelo, podemos distinguir tres formas de realizar el estudio de reparcelación.

Primero, el tipo ASI, que es el estudio de reparcelación para áreas donde se espera realizar algunas variaciones en el paisaje, debido a problemas de epidemias animales o de inundaciones. No existen experiencias concretas de métodos para estas áreas que cumplan estas metas y objetivos. Sólo existen los deseos políticos y prácticos de que en un área específica se deben efectuar algunos tipos de desarrollos. La expropiación o el traslado voluntario de algunos usuarios de los terrenos son los instrumentos potenciales. Los políticos nacionales o regionales son los instructores del plan de reparcelación. A resultados del estudio de reparcelación, estos políticos pueden tener una visión global de los objetivos y metas que se alcanzarían si se acomete el desarrollo territorial en el área especificada. El operador, como parte del estudio de reparcelación, debe de dar un asesoramiento objetivo acerca del sentido que tiene efectuar el desarrollo territorial por encima de otras posibilidades.

La segunda variante, AS2, es cuando el estudio de reparcelación se encuentra en la fase de planificación o acaba de superarla. En esta fase ya existen planes disponibles a un nivel general. Mas aun, ya se ha formado una Comisión de Desarrollo Territorial con los políticos y con los granjeros locales. Todos ellos tienen el deber de implementar el plan de desarrollo territorial. El catastro puede ayudar a estas comisiones a la hora de establecer el plan de reparcelación. Un estudio de reparcelación de este tipo puede ofrecer una visión global de los pros y los contras de los distintos planes de reparcelación escogidos. Estos planes se realizan para la totalidad del área o para una parte de la misma. Los datos de salida de los mismos se destinan a los políticos locales o regionales y a los especialistas.

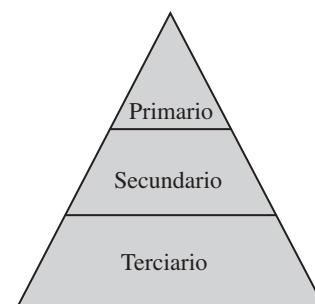
La última variante es la confección de planes de reparcelación en áreas que ya están en construcción. En esta fase, la Comisión de Desarrollo Territorial ya ha escogido una de las alternativas. Durante el proceso surgen algunas preguntas que deben ser respondidas. Es entonces cuando un plan de reparcelación puede ser de ayuda. Los datos de salida consisten en un plan de reparcelación con un gran nivel de detalle, realizado para una subárea y dirigido principalmente a los especialistas.

Como ya se ha dicho, existen tres tipos de estudios de reparcelación. En el párrafo 2.1 se han descrito las tres partes opcionales de un estudio de reparcelación y en el párrafo 2.2.2 se describirá qué parte se emplea para cada tipo.

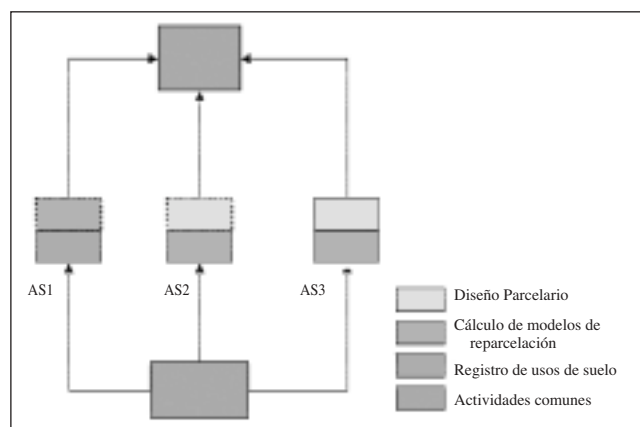
2.2.2. Modelo en la práctica

Como ya se ha visto en el párrafo 2.2.1, existen tres tipos de estudios de reparcelación: ASI, AS2 y AS3. Estos tres tipos de estudios tienen algunas actividades en común. Estas son:

- Definir los principales objetivos y fines de las medidas que se van a adoptar en un área rural específica
- Definir los deseos de los habitantes del área y también los de los que van a instruir la reforma
- Definir los objetivos del estudio de reparcelación.



Estas actividades constituyen el paso primero en el modelo. En el estudio de reparcelación I (ASI) se necesita un conjunto de datos primario. Este conjunto consiste en los objetivos del área, en datos cartográficos, en datos de propietarios catastrales y en datos topográficos. Con este conjunto primario de datos se puede realizar un registro global de los usos del suelo. La salida consiste en un mapa global de usos del suelo y en algunas estadísticas globales, tales como el número de parcelas por kilómetro cuadrado. Si es posible, se pueden calcular modelos de reparcelación en algunas subáreas. Por supuesto, esto sólo tiene aplicación en aquellas áreas ASI que están en fase de planificación.



En el caso AS2, el conjunto de datos primario debe ser cumplimentado con el conjunto de datos secundario. Los datos principales de este conjunto de datos secundario son los datos de los usuarios de las tierras. En la mayoría de los países, los registros territoriales no tienen la disponibilidad de los datos de uso del suelo. Esta es la razón por la cual deben ser generados de forma activa, por ejemplo a partir de la interpretación de fotografías aéreas o de satélite. También se puede obtener esta información preguntando a los propios propietarios. Aunque este último método es costoso, permite obtener una información muy valiosa y útil. Debe tenerse en cuenta que, en la mayoría de los casos, esta información puede ser reciclada hasta que se acabe el plan de reparcelación definitivo. En este tipo se deben hacer registros de usos del suelo de gran detalle y cálculos de los diferentes modelos de reparcelación. La salida consiste en distintos mapas y estadísticas, con un nivel de detalle superior al del caso ASI.

El AS3 es el otro tipo de estudio de reparcelación y su salida tiene el mayor grado de detalle. Los conjuntos de datos primarios y secundarios merecen la pena de ser complementados con un conjunto de datos terciario. Este conjunto de datos terciario consiste en los datos demográficos, geológicos y geomorfológicos. En el caso AS3 no es necesario un registro de usos del suelo. En esta fase la información más útil se obtiene a partir del cálculo de los distintos modelos de reparcelación. En algunos modelos se dibuja un croquis de las parcelas. La salida consiste en muy diversos mapas de reparcelación y en varias estadísticas, tales como el número promedio de parcelas por propietario, el uso del suelo como porcentaje de la superficie total, el promedio de la superficie de parcelas con vivienda, etc.

Lo importante en los tres tipos es hacer un análisis de alta calidad de los datos de salida por parte de expertos en catastro altamente cualificados y con experiencia en desarrollo territorial. Sus conclusiones deben incluirse en un informe y ser presentadas a los que toman las decisiones para poder elegir la alternativa óptima.

3. DESARROLLOS ACTUALES EN LA GESTIÓN DEL TERRITORIO EN HOLANDA

3.1. La Reconstrucción

3.1.1. Historia

Durante los últimos años, las zonas rurales de Europa se han enfrentado a diversos brotes de epidemias de animales. Primero fue la peste porcina de 1997. Posteriormente, en el 2001, surgió un brote del mal de las vacas locas y ahora se teme un brote de una epidemia de BSE. Pero estas enfermedades no son el único problema de las zonas rurales. Las legislaciones sobre el estiércol, el medioambiente, la construcción de viviendas, la industria, el agua, la naturaleza, las zonas recreativas y otros temas, tienen una importante influencia sobre el medio rural.



La nueva estrategia nacional para resolver todos estos problemas se conoce como "reconstrucción". Los objetivos de esta reconstrucción son hacer el área rural más segura para hombres y animales, dar a las actividades de ocio, al paisaje y a las infraestructuras un nuevo impulso y mejorar la calidad de vida.

La intención de la reconstrucción es la de concentrar la agricultura, las zonas naturales y las zonas con viviendas. El primer paso de esta reconstrucción es conseguir que la atención del Ministerio de Agricultura se centre en un área específica. El Ministro decide cuáles son las áreas de reconstrucción potenciales. En ellas se crean tres zonas distintas:

- *Zonas de extensión*, con un potencial para la naturaleza, el hábitat y los cultivos intensivos
- *Zonas mixtas*, con capacidad para la naturaleza, el hábitat, la construcción de viviendas, las actividades de ocio y la agricultura
- *Zonas agrícolas*, en las que sólo se permitirá la agricultura.

Entre las diferentes zonas se crearan pequeñas franjas de zonas naturales.

3.1.2. La Reconstrucción y el Desarrollo Territorial en la práctica

El gobierno holandés sacó, el primero de abril del 2002, una ley sobre la *Reconstrucción de Zonas Rurales* para poder alcanzar los objetivos de la reconstrucción. Con esta ley, la reconstrucción se ha convertido en un instrumento real. En Holanda hay en este momento doce áreas señaladas como "Áreas Potenciales de Reconstrucción".

La primera parte de la Ley de la Reconstrucción señala la obligación de efectuar un plan de reconstrucción para cada área señalada como tal. El plan de reconstrucción se efectuará para doce años y será diseñado por una Comisión de Reconstrucción. Esta comisión está integrada por miembros de los departamentos locales, de la Junta de Aguas local y de los departamentos de la naturaleza y de agricultura. Un ingeniero del Catastro de Holanda presidirá estas comisiones.

En el Plan de Reconstrucción se hace una descripción detallada de los límites de la zona especificada, de su situación actual y de sus problemas. También se establecerá, como es supuesto, una visión global de los objetivos a alcanzar. En el Plan de Reconstrucción se hace una agrupación aproximada de las subzonas de extensión, agrícolas y mixtas, de la zona. También es muy importante hacer una estimación de los posibles costes.

Tras haber confeccionado el Plan de Reconstrucción, éste debe ser aceptado por el Ministro. Es ahora cuando se puede comenzar a hacer la reconstrucción. Hay que establecer el esquema de reparcelación y hay que escoger entre las diversas alternativas. Hay que modificar las fincas o propiedades y trasladar a los propietarios. Por supuesto, la ley concede a los particulares la posibilidad de objetar algunos de estos movimientos. En contraposición con la vie-

la ley de desarrollo territorial, algunos de los elementos antiguos pueden ser integrados, o bien borrados. Esto hace que esta nueva ley sea más ágil.

En la actualidad, existen en Holanda doce comisiones de reconstrucción. De ellas ya hay tres que han presentado sus planes de reconstrucción. El hacer estos planes no es fácil. La reconstrucción es una nueva forma de desarrollo territorial y no existen experiencias de dicha reconstrucción ni de cómo hacer los planes. Por otro lado, no hay mucho tiempo disponible para implementar las medidas adoptadas con el fin de evitar las enfermedades de los animales, como las aparecidas en el año 2001. Este es un motivo importante por el que un instrumento como el estudio de reparcelación puede ayudar a hacer unas elecciones óptimas durante la fase de planificación, o también durante el ulterior proceso de la propia reparcelación.

3.2. Gestión del Agua

3.2.1. Historia

En los años 1993, 1995 y 1997, Holanda se vio inundada por múltiples crecidas de ríos. Estas inundaciones ocasionaron muchas víctimas y unos daños enormes. En 1985, Holanda terminó los famosos Proyectos Delta, que se construyeron como protección contra el mar. Pero el peligro de las inundaciones fluviales se ha convertido de nuevo en un factor de riesgo para los holandeses.



Los políticos de Holanda reaccionaron frente a estas inundaciones con una nueva estrategia, que se conoce como la Capacidad de Agua. La intención de la misma es *"la aceptación del agua en las vecindades"*. Ha habido, por supuesto, que elevar los diques, pero, a la larga, estas subidas de nivel terminarán debilitándolos, de modo que esta elevación de los mismos es una medida a corto plazo. Es por ello necesario encontrar soluciones a más largo plazo.

La estrategia de la Capacidad de Agua tiene cuatro objetivos básicos:

- Las medidas implementadas deben anticiparse a los problemas, y no ser únicamente una reacción a los mismos

- Se trata de una estrategia de tres fases: guardar, esconder y desalojar el agua
- Las medidas implementadas son una combinación de soluciones técnicas
- Deben anticiparse, tanto en el sistema regional como en el principal.

En Holanda ya se ha comenzado a implementar esta estrategia. La totalidad del proceso se divide en tres etapas. El primer plan es para el periodo 2000 a 2005, el segundo del 2005 al 2015 y el último a partir del 2015.

3.2.2. Gestión del Agua y Desarrollo Territorial en la práctica

La estrategia de la Capacidad de Agua se divide en tres partes. El primer paso es una solución a corto plazo, consistente en elevar los diques. El objetivo es el de evacuar hacia el mar unos 15.000 metros cúbicos de agua por segundo. Es importante integrar el desarrollo de la naturaleza en este proceso. En la actualidad, en Holanda ya se han elevado muchos diques y se sigue trabajando en este aspecto.

La siguiente fase del proceso será iniciar la estrategia prevista para el periodo del 2005 al 2015. El objetivo durante este periodo es descargar hacia el mar unos 16.000 metros cúbicos de agua por segundo. Esto no se conseguirá únicamente elevando los diques, sino en combinación con otras medidas adicionales. Una de ellas es preparar los terrenos cercanos a los ríos para recibir una cantidad mayor de aguas. El riesgo al crear estas áreas de retención de aguas es su posible proximidad a granjas y poblaciones. Estas edificaciones y terrenos deben ser protegidos de las inundaciones o deben trasladarse a otros lugares más seguros.

En la última fase se tomarán medidas estratégicas para después del año 2015. Se intentará el anticiparse a los riesgos de las futuras subidas del mar y de los ríos. Para ello, se desplazarán algunos de los diques existentes de un lugar a otro, para hacer sitio a más áreas de retención y de emergencia. También se pueden excavar desagües para aliviar a algunos ríos importantes, como el Rin y el Maas. Es importante también integrar, en estos nuevos ríos "verdes", los objetivos de la conservación de la naturaleza, de las construcciones paisajísticas y de las zonas recreativas.



Nivel electrónico LEICA SPRINTER



Narváez
Topografía, S.L.

Campoamor, 65 y 67 - 46 022 Valencia
Tel. 963 711 698 - Fax: 963 726 936
conce.ballester@narvaez-topografia.com

Leica
Geosystems

Para poder implementar todas estas medidas se deben adquirir terrenos, transformarlos y trasladarlos a otros emplazamientos. Las posibilidades de hacer esto son mediante la expropiación, la adquisición de terrenos por el gobierno, el intercambio voluntario y, como es lógico, el desarrollo territorial. En algunas zonas de alto riesgo la expropiación es la mejor estrategia a seguir. En otras zonas la preferencia se inclina hacia la participación voluntaria de los propietarios. También existen zonas en las que se desconoce cuál es la mejor solución. En estas zonas un estudio de reparcelación puede ayudar a dar a los participantes una visión de los resultados de las distintas alternativas. Esto supone una toma más rápida de decisiones, lo cual es importante incluso en las reconstrucciones mencionadas en el párrafo 3.1. Una decisión bien tomada puede ayudar a salvar las vidas de personas en un futuro próximo. Un estudio de reparcelación puede ser de gran ayuda en este proceso.

4. EL MODELO DE UN ESTUDIO DE REPARCELACIÓN EMPLEADO EN EL DESARROLLO TERRITORIAL MODERNO

4.1. El Registro Territorial y el Desarrollo Territorial Moderno

4.1.1. El papel del Registro Territorial

Como ya se ha dicho, para la reconstrucción y la gestión de las aguas hay que diseñar nuevos tipos de planes, con nuevos elementos. Los elementos de estos planes son:

- Los cambios drásticos de funciones, dentro de la zona rural específica
- La importancia de la mezcla de distintas funciones; por ejemplo, la combinación de zonas recreativas, naturales, construcciones paisajísticas, infraestructuras y zonas agrícolas en una sola área
- Los políticos prefieren efectuar por legislación el desarrollo estructural de los terrenos. Esto se debe a que así se protege a la comunidad y también los derechos de los propietarios individuales.

La expropiación es un instrumento drástico para trasladar los terrenos de lugar, con el fin de cumplir los objetivos de la reconstrucción. El desarrollo territorial es más cooperativo. Las ventajas de efectuar el desarrollo territorial por ley son:

- Un coste relativamente menor en comparación con la expropiación
- Menos superficies de contacto entre zonas
- Es posible efectuar la reparcelación de una superficie relativamente grande.

El registro territorial puede ayudar en el proceso del desarrollo territorial, aportando una gran calidad. La mayoría de los catastros de Europa tienen mucha experiencia en la asistencia al desarrollo territorial. Más aun, el registro territorial posee la disponibilidad de la totalidad del conjunto de datos primarios (párrafo 2.2) y, además, el registro territorial tiene en cuenta la seguridad legal de una manera directa o indirecta. Un

registro territorial puede cooperar en cualquier proyecto innovador ofreciendo soporte durante la totalidad de la fase de planificación, efectuando el plan de reparcelación, y gestionando el proceso de implementación de los diferentes planes y estudios de reparcelación.

4.2. El estudio de la reparcelación catastral en el desarrollo territorial

Un catastro puede prestar soporte durante la fase de planificación, realizando diversos estudios de reparcelación para las diversas comisiones de desarrollo territorial y para los políticos. En la actualidad, esta característica experta no es bien conocida por la mayoría de los políticos, ni por las comisiones de desarrollo territorial. Así pues, es muy importante establecer una adecuada estrategia de marketing en los registros territoriales que deseen intervenir en este tipo de servicios. Además de la experiencia y de la calificación de sus empleados como expertos, la mayoría de los registros territoriales europeos modernos disponen de programas de SIG (ArcMap, MapInfo). Estas aplicaciones pueden ser empleadas durante la elaboración de los estudios de reparcelación. Algunos registros territoriales (por ejemplo el finlandés y el holandés) disponen de aplicaciones de SIG y de desarrollo territorial especiales. Con estas aplicaciones SIG se pueden generar automáticamente diferentes cálculos de los modelos de reparcelación.

El modelo, tal como se ha mostrado en el apartado 2.2, puede guiar al operador a través de la elaboración del plan de reparcelación. Con este plan se realizarán todas las preguntas pertinentes y se incluirán todos los elementos necesarios en el proceso de elaboración del estudio de reparcelación. Dependiendo del estado del área especificada, de los fines y de los objetivos a alcanzar y de la fase en que se encuentra el área dentro del proceso de desarrollo territorial, se efectuarán uno de los tipos ASI, AS2 o AS3.

Se puede encontrar más información sobre este modelo en *Un estudio de reparcelación en las fases previas al desarrollo territorial* (1999).

REFERENCIAS

- *Advise of the Commission of Water Management in the 21st century*, August 2001, Den Hague.
- *The Land development act – an outline*, 1988, Government Service for Land and Water Use of the Ministry of Agriculture and Fisheries;
- *The Law of Reconstruction of Land*, April 1st 2002, Department of the Central Government: Den Hague;
- *Plan of reconstruction for the Salland-Twente region*, Region Overijssel, February 2002.
- Rijsdijk, M.J., 1999. *Allocation study in the pre-phase of land development*. Delft: Delft University of Technology, Geodesy;
- Rijsdijk, M.J. Msc., 2002. *Application of innovative techniques in multi purpose land development*. Ponencia presentada en el Congreso de la FIG celebrado en Washington D.C. ■

Calibración de Teodolitos mediante Polígonos Ópticos

Javier Bisbal Martín

CEM (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGIA)

Javier Sánchez Ruiz, María Ana Sáenz Nuño

ETSI ICAI (UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS DE MADRID)

Resumen

En este trabajo se muestra la simplificación de un método de calibración de polígonos ópticos y mesas giratorias utilizado en el CEM y su aplicación para la calibración de ángulos horizontales de teodolitos. El método propuesto utiliza un polígono óptico como patrón angular y un autocolimador. En él se cuantifican las desviaciones angulares del teodolito respecto a los valores materializados por el patrón angular.

1. INTRODUCCIÓN

Entre los posibles métodos de calibración de teodolitos podemos hacer una clasificación entre aquellos en los que interviene el sistema óptico del instrumento en el proceso de calibración y aquellos en los que no interviene. En el método que se expone únicamente se emplea el sistema óptico para fijar una referencia externa al no disponer el instrumento de un codificador absoluto. Por tanto el resultado de la calibración no contiene componentes de incertidumbre asociados a la óptica. El resultado obtenido evalúa la calidad del codificador angular empleado en la medida de ángulos horizontales.

Este procedimiento es de aplicación a la calibración de ángulos horizontales únicamente, no siendo posible su adaptación para la evaluación de la calidad de medida de los ángulos verticales.

2. METODOLOGÍA

Los métodos de calibración basados en el cierre del círculo en sí mismo son especialmente útiles, autoconsistentes y pueden llevarse a cabo sin la necesidad de utilizar otros patrones de referencia. Éstos parten de que las posiciones de dos ángulos α y $\alpha + m \cdot 360^\circ$ siendo $m = 1, 2, 3, \dots$, son las mismas. Aplicado esto a un polígono óptico, la desviación acumulada de todos los diedros del polígono ha de ser forzosamente igual a cero, ya que las posiciones inicial y final son las mismas.

Una variante de este método se utiliza en el CEM para la calibración de polígonos ópticos y mesas giratorias, en el cual se calibran de forma simultánea el polígono patrón y el generador angular utilizado. Además la

calibración del polígono es independiente de la calibración del generador angular, ya que depende sólo de su repetibilidad y no de la exactitud de los ángulos generados.

En este método se utiliza un generador angular de alta precisión (patrón del CEM), un polígono óptico (objeto de calibración), un autocolimador y varios elementos auxiliares, como mesas niveladoras, etc.

Puesto que se puede considerar un teodolito como un generador angular de alta precisión, con otras ventajas añadidas que se describirán más adelante, se ha buscado la aplicación del método descrito anteriormente en la calibración de los ángulos horizontales del mismo.

Efectivamente, nada impide realizar un montaje similar al del procedimiento mencionado, con el que se podrían calibrar los ángulos horizontales del teodolito y el polígono óptico utilizado simultáneamente. No obstante, después de realizar el ensayo se ha comprobado su complejidad, debido a la necesidad de cambiar la posición relativa del polígono respecto del teodolito, lo que requiere el uso de material adicional para que no se produzcan errores piramidales significativos. Por ello se ha decidido simplificar el método desarrollando uno nuevo para la calibración del teodolito, en el que se determinan las desviaciones angulares (horizontales) respecto al valor nominal de los ángulos girados por el mismo.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

Teodolito. Objeto de calibración de este ensayo. Se ha utilizado un Leica TM 5100A con resolución de $0,00001^\circ$.

Autocolimador. Instrumento medidor de pequeños ángulos mediante técnicas ópticas, de gran resolución y exactitud aunque con rango de medida muy reducido. En este caso se ha utilizado un Rank Taylor Hobson DA80 con 0,1" de resolución y dos ejes de medida (x , y). Incorpora una unidad de control en la que se visualizan los datos de forma digital.

Polígono óptico. Polígono regular de n caras reflectantes, fabricado con alta precisión, de forma que el ángulo entre las normales a las caras es muy próximo al valor nominal $360/n$, el error piramidal es mínimo y la planitud de sus caras muy elevada. El error piramidal es el ángulo que forman las caras del polígono con el plano perpendicular al eje de simetría del mismo. Se ha utilizado un polígono óptico patrón de 12 caras (diedros nominales de 30°), de marca Starrett fabricado en acero.



Figura 1. Polígono óptico

Mesa niveladora. Utilizada para la nivelación del polígono sobre el teodolito y la corrección de errores piramidales.

Mesa elevadora. Utilizada para situar el autocolimador a la altura del polígono.



Figura 2. Vista general del montaje

Espejo óptico. Espejo plano de mínima rugosidad y muy buena planitud. Utilizado para la fijación de un punto de referencia del teodolito mediante autocolimación.

4. MONTAJE Y ALINEACIÓN

Todos los componentes del montaje han sido fijados a una mesa de granito mediante tornillos. Las condiciones ambientales durante el ensayo se han mantenido entre los límites siguientes:

- **Temperatura:** $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$
- **Humedad:** $50 \pm 5\%$

Debido a que el teodolito dispone de un *encoder* incremental, para mantener un "cero" de referencia en los ángulos horizontales se ha utilizado el dispositivo de autocolimación del propio instrumento que permite establecer una dirección de referencia a un espejo.

Un haz de luz emitido por este dispositivo es reflejado en el espejo de referencia y recogido de nuevo tras su colimación. Cuando el retículo reflejado es coincidente con el retículo del teodolito, el eje óptico es perpendicular a la superficie especular. Por tanto, la autocolimación permite fijar una dirección de referencia con gran exactitud.

Sobre el teodolito se ancla una plataforma de aluminio en la que se sitúan la mesa niveladora y el polígono óptico. Mediante la mesa elevadora se sube el autocolimador a la misma altura que el centro de las caras del polígono.



Figura 3. Alineación del teodolito mediante autocolimación

LA NUEVA OPCIÓN



SOUTH



DISTRIBUIDOR PARA ESPAÑA



ORSEÑOR, S.L.
TOPOGRAFÍA

www.orsenor.com

orsenor@ctv.es

Aradillo, 26 - 28002 MADRID / Tf: 914167454 - 914156604 / Fax: 91415630



Figura 4. Detalle de la mesa niveladora y el polígono

Es importante comprobar la no existencia de errores piramidales significativos que puedan suponer una fuente de error muy grande si no se cuantifican, ya que las lecturas en el eje **X** de algunos autocolimadores dependen de las desviaciones piramidales. Para ello se verifica que el eje **X** del autocolimador es paralelo al plano de medida y que las lecturas en el eje **Y** del mismo permanecen invariables en todo el rango de medida.

Siendo la resolución de los niveles de horizontalidad del teodolito de $0,001^\circ$ y la del autocolimador de $0,1''$, no puede ser corregido un error piramidal de hasta $3,6''$ debido a la inclinación del teodolito.

Como en cualquier proceso de medida de alta precisión, se permite la estabilización térmica y relajación mecánica de los instrumentos y equipos auxiliares utilizados.

5. PROCESO DE CALIBRACIÓN

1. Con el teodolito convenientemente nivelado, se fija a cero la lectura horizontal cuando se ha realizado la autocolimación al espejo auxiliar de referencia y está una de las caras del polígono enfrentada al autocolimador; de forma que su lectura en el eje **X** marque cero. Se anotan las lecturas del autocolimador en ambos ejes, **X** e **Y**, así como la lectura del ángulo horizontal del teodolito **T**.
2. Se gira el teodolito el valor nominal del polígono óptico. En el caso de este ensayo es de 30° . Se anotan las lecturas de los ejes **X** e **Y** del autocolimador y el valor indicado por el teodolito.
3. Se repite sucesivamente el paso anterior hasta que el teodolito marque de nuevo cero (aprox.) y quede enfrentada la cara inicial ante el

autocolimador. Se obtienen por tanto tres grupos de $n+1$ lecturas (siendo n el número de caras del polígono): $\{X_0^+, X_1^+, \dots, X_n^+\}$, $\{Y_0^+, Y_1^+, \dots, Y_n^+\}$, $\{T_0^+, T_1^+, \dots, T_n^+\}$. El superíndice indica el sentido de giro del teodolito y el subíndice la cara del polígono que en cada momento hay enfrentada al autocolimador.

4. Se repiten los pasos 1 a 3 girando el teodolito en sentido contrario, es decir, se gira -30° . Se obtienen otros tres grupos de $n+1$ lecturas: $\{X_0^-, X_1^-, \dots, X_n^-\}$, $\{Y_0^-, Y_1^-, \dots, Y_n^-\}$, $\{T_0^-, T_1^-, \dots, T_n^-\}$.
5. Se realizan de nuevo los pasos 1 a 4 el número deseado de repeticiones, (N).

Al terminar todo este proceso puede invertirse la posición del polígono e iniciarse una nueva secuencia. Esto puede ser útil para cuantificar errores derivados de una falta de planitud sistemática de las caras muy elevada.

Una vez tomados todos los datos, las diferencias (**d**) entre las lecturas (**T**) del teodolito y el ángulo de giro nominal, se corrigen con las lecturas del eje **X** del autocolimador; si el teodolito no indica el ángulo nominal exacto. En caso de que las lecturas **Y** del autocolimador sean significativas, se aplicará una corrección debido al error piramidal. Seguidamente se halla el promedio de todos los datos obtenidos según el número de repeticiones realizadas.

Como el polígono óptico patrón utilizado está calibrado, se conocen sus desviaciones angulares respecto a su valor nominal entre caras adyacentes y acumuladas, con lo que pueden corregirse las lecturas tomadas en el autocolimador en función del error que tenga cada cara del polígono.

La incertidumbre de medida depende fundamentalmente de:

- La resolución del autocolimador y del teodolito
- La incertidumbre de calibración del autocolimador y del polígono utilizado
- La repetibilidad de las diferentes series de medida.



Figura 5. Proceso de calibración del teodolito

Valor nominal	Lectura autocolimador				Lectura teodolito	T-Valor nominal	Error (d+X)
(°)	X('')	X(°)	Y('')	Y(°)	T(°)	d(°)	(°)
0	0	0,000000	0	0,000000	0	0,00000	0,000000
30	-0,3	-0,000083	0,6	0,000167	30,00001	0,00001	-0,000073
60	-0,4	-0,000111	0,3	0,000083	59,99999	-0,00001	-0,000121
90	-0,2	-0,000056	-0,4	-0,000111	90	0,00000	-0,000056
120	-0,8	-0,000222	-1,9	-0,000528	119,99999	-0,00001	-0,000232
150	-0,9	-0,000250	-2,1	-0,000583	150	0,00000	-0,000250
180	0	0,000000	-2,4	-0,000667	180	0,00000	0,000000
210	0,5	-0,000139	-1,2	-0,000333	210,00002	0,00002	-0,000119
240	0	0,000000	0,2	0,000056	240	0,00000	0,000000
270	0,4	0,000111	0	0,000000	270,00003	0,00003	0,000141
300	0,1	0,000028	-0,2	-0,000056	300	0,00000	0,000028
330	0	0,000000	0,3	0,000083	330	0,00000	0,000000
0	0	0,000000	1,4	0,000389	0	0,00000	0,000000
330	0	0,000000	0,4	0,000111	329,99998	-0,00002	-0,000020
300	0,3	0,000083	-0,1	-0,000028	300	0,00000	0,000083
270	0,7	0,000194	0	0,000000	269,99999	-0,00001	0,000184
240	0	0,000000	0,1	0,000028	240	0,00000	0,000000
210	-0,4	-0,000111	-1,2	-0,000333	210	0,00000	-0,000111
180	0	0,000000	-2,5	-0,000694	180	0,00000	0,000000
150	-0,5	-0,000139	-2,4	-0,000667	150,00002	0,00002	-0,000119
120	0	0,000000	-2,2	-0,000611	120	0,00000	0,000000
90	0,6	0,000167	-0,8	-0,000222	89,99999	-0,00001	0,000157
60	-0,1	-0,000028	0,1	0,000028	60,00003	0,00003	0,000002
30	0,3	0,000083	1	0,000278	30,00004	0,00004	0,000123
0	0,5	0,000139	0,6	0,000167	359,99999	0,00001	0,000149

Tabla 1. Datos de calibración

En la tabla 1 se muestra un ejemplo, promedio de tres repeticiones, donde se pueden ver los datos de calibración obtenidos. Los datos de la columna *Error* deben ser corregidos de acuerdo al certificado de calibración del polígono óptico, según los errores angulares que presente entre caras adyacentes y los acumulados. Por último, se hallará un promedio para los dos sentidos de giro.

De los resultados obtenidos en la tabla no pueden extraerse conclusiones numéricas válidas, pues en los ensayos sólo se ha dispuesto de un autocolimador de 0,1" de resolución, siendo ésta inferior a la del teodolito.

6. CONCLUSIONES

Después de los ensayos realizados se puede considerar que el método descrito es fácilmente utilizable para la evaluación de la calidad de me-

didada de los ángulos horizontales de un teodolito. Una posible dificultad proviene de las diferentes dimensiones de la parte superior de los teodolitos, lo que puede crear dificultades en el montaje del polígono óptico en la parte superior.

7. REFERENCIAS

- [1] P. J. Sim. Angle Standard and their Calibration, in P. L. Hewitt (ed), *Modern Technics in Metrology*, World Scientific, Singapore, 1984.
- [2] W. Tyler Estler. Uncertainty analysis for angle calibration using circle closure. *J. Res. Nat. Inst. Stand. Technol.*, 1998
- [3] O. A. Kruger. Methods for determining the effect of flatness deviations, eccentricity and pyramidal errors on angle measurements. *Metrologia*, 2000. ■

Introducción al concepto de Redes VRS (Virtual Reference Stations)

Christian Luttenberger, Miguel Amor

TRIMBLE

Resumen

El artículo pretende explicar y dar un conocimiento general de la tecnología de redes de estaciones de referencia con tecnología VRS, la cuales han experimentado un gran crecimiento y desarrollo en los últimos años en muchos de los países de Europa en los cuales se encuentran totalmente operativas y afianzadas. Sin duda la tecnología VRS es uno de los grandes adelantos en el campo de la topografía en los últimos años, sin embargo aún es una tecnología desconocida para muchos usuarios de este país, aunque ya existe en modo de pruebas la primera red VRS instalada en España por el Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC).

I. CONCEPTO

Alta precisión RTK con equipos GPS, es hoy en día una de las técnicas topográficas más extendidas, pero su uso está restringido por los efectos de la ionosfera y troposfera, la cual crea errores sistemáticos en los datos brutos. En la práctica, esto significa que la distancia entre el receptor móvil (rover) y su estación de referencia debe ser reducida para poder trabajar de una forma efectiva.



Figura 1. VRS

En algunos países existen redes de estaciones de GPS que suministran datos a usuarios para mediciones RTK, pero debido a la necesidad de distancias cortas entre la estación de referencia y el receptor móvil, las redes necesitan ser muy densas. Aunque la densidad sea suficiente para aplicaciones DGPS, algunas redes nacionales no son suficientemente

densas para ofrecer una cobertura completa para RTK, en las cuales existen zonas sin cobertura. La situación es peor durante los periodos de alta actividad solar, tal como los primeros años del nuevo milenio.



Figura 2. Esquema de comunicaciones en el campo

El concepto de VRS ofrece una nueva oportunidad para las redes de estaciones de referencia GPS. Cuando utilizamos esta tecnología, los errores sistemáticos son reducidos o eliminados en la estación de referencia, esto no sólo permite al usuario incrementar la distancia entre los rovers y la estación de referencia, sino que también incrementa la fiabilidad de el sistema y reduce el tiempo de inicialización. El

PONGA SUS EQUIPOS EN LAS MEJORES MANOS

 **Trimble**
SERVICIO TÉCNICO OFICIAL

SERVICIO TÉCNICO OFICIAL TRIMBLE. Dotado con las más recientes tecnologías en el campo dimensional y electrónico. Laboratorio con ambiente totalmente antiestático para garantizar el no deterioro de los integrados programados de los equipos electrónicos.

Centros de apoyo Topocenter en su zona:

BARCELONA 93 340 05 73

PAÍS VASCO 656 848 582

MADRID 91 371 82 98 - 629 590 874

GALICIA 986 772 111 - 618 303 238

Bofarull, 14, bajos. 08027 Barcelona.
Tel. 93 340 05 73 Fax 93 351 95 18
www.al-top.com al-top@al-top.com

 **al-top**
TOPOGRAFIA



concepto puede ser usado no sólo para configurar nuevas redes, sino para mejorar el funcionamiento de redes ya establecidas.

Existen dos tecnologías de envío de correcciones de red a los usuarios en campo, la tecnología VRS, gestionada por el software GPSNet de Trimble que utiliza comunicaciones bidireccionales (GSM, GPRS) entre el servidor central GPSNet y los usuarios en campo. La característica principal de esta tecnología es que elimina de una forma muy importante los errores ionosféricos y troposféricos. El otro tipo de tecnología es la FKP, que está orientada a soluciones *broadcast* (p.e., radio).

Mientras la mayoría de los clientes de GPSNet de Trimble hacen uso del software para suministrar datos VRS para los usuarios en el campo, el software GPSNet también puede suministrar una solución de *broadcast*. La solución de *broadcast* está basada en el "Standard" SAPOS FKP. El mensaje SAPOS FKP es adecuado para sistemas como radios, aunque puede trabajar con teléfonos móviles. El formato del mensaje SAPOS FKP está basado en el mensaje RTCM 2.3 y puede ser interpretado por los *rovers* de Trimble R7, R8, 5700 y 5800 directamente. Por tanto, GPSNet de Trimble ofrece una solución completa para VRS y modo *broadcast* SAPOS FKP en el mismo paquete de software GPSNet.

El concepto de VRS (Virtual Reference Station) está basado en una red de estaciones de referencia GPS continuamente conectadas mediante líneas de teléfono, DSL/Cable, etc., a un centro de control que continuamente recoge la información de todos los receptores y crea una base de datos viva de las correcciones de la región que engloba la red.

Estas correcciones son utilizadas para crear una estación de referencia virtual situada sólo a unos metros de donde el *rover* está situado, junto con los datos brutos del propio receptor *rover*, éste interpreta y utiliza los datos exactamente igual que si los datos viniesen de una estación de referencia real situada al lado del equipo *rover*.

Cada estación de referencia está equipada con un receptor, antena, alimentación y un módem (RDSI/DSL/cable/...) por el cual comunica con el centro de control. El ordenador en el centro de control, en el cual corre GPSNet, es el cerebro del concepto de VRS. Mientras todos los receptores están conectados en la red, el centro de control realiza varias tareas:

- Importar datos brutos y chequear la calidad
- Almacenamiento de RINEX y RINEX comprimidos
- Correcciones del centro de fase de la antena (soportados modelos relativos y absolutos)
- Estimación y modelizado de errores sistemáticos.
- Generación de datos y crear posiciones virtuales de el receptor *rover*.
- Generación de correcciones RTCM para una posición virtual.
- Transmisión de datos RTCM al *rover* en el campo.

- Generación de correcciones transmitiendo correcciones de red SAPOS FKP
- Análisis *multipath* en tiempo real.

El GPSNet (con el modulo RTKnet) también ejecuta cálculos continuos de los siguientes parámetros analizando las observaciones de fase:

- Errores ionosféricos
- Errores troposféricos
- Errores de efemérides
- Ambigüedades para L1 y L2.

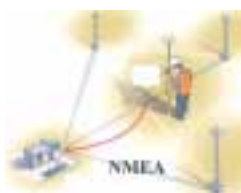
Cuando se están ejecutando estas tareas, el *software* hace uso de la información de toda la red. Los triángulos son sólo usados para una mejor visualización en pantalla de la red, pero estos triángulos no son usados para un cálculo de las correcciones.

Utilizando los parámetros calculados, GPSnet y RTKNet recalculará todos los datos GPS, interpolando para examinar la posición del *rover*, el cual puede estar en cualquier localización dentro de la red. Esta metodología hace que los errores sistemáticos para RTK sean reducidos considerablemente.

2. FLUJO DE DATOS EN VRS



El servidor central GPSnet recibe los datos de todas las estaciones de referencia para crear un modelizado de la zona eliminando errores sistemáticos (ionosféricos, troposféricos, etc.) y un análisis *multipath* en tiempo real de cada una de las estaciones de referencia.



El receptor *rover* envía su posición aproximada al centro de control, donde está funcionando GPSnet, mediante un mensaje GGA, el cual está disponible en la mayoría de los receptores del mercado. Esta operación se realiza utilizando un tipo de comunicación bidireccional como GSM/GPRS.



El centro de control acepta la posición y responde enviando correcciones RTCM al receptor *rover*. Tan pronto como se recibe, el *rover* calcula una posición DGPS de calidad que servirá para actualizar su posición y enviarla de nuevo al centro de control. Esta posición tiene una precisión de 1 m, lo que asegura que las distorsiones sean prácticamente iguales.



Esta técnica de creación de datos de estaciones de referencia, invisibles, virtuales, es lo que da el nombre al concepto de "estaciones de referencia virtual (VRS)". Utilizando esta técnica es posible alcanzar un rendimiento centimétrico en mediciones RTK dentro de la red.

La precisión horizontal es de 1 a 2 cm cuando las distancias entre las estaciones de referencia son de 50 a 70 km. Esta distancia depende de las propias características de la zona, por ejemplo, en zonas con alta actividad ionosférica necesitaría una mayor densidad de estaciones en la red.

3. CENTRO DE CONTROL GPSNet

El software GPSNet es el cerebro del sistema y funciona sobre Windows 2000 o superior. Utiliza un entorno gráfico que permite la comunicación con cada una de las estaciones de referencia y controla cada una de las configuraciones de la red. Nos muestra información del modelo actual de la red, incluyendo los parámetros calculados para cada momento. El sistema puede ser configurado en cada momento, añadiendo o eliminando estaciones de referencia y cambiar dinámicamente los cambios.

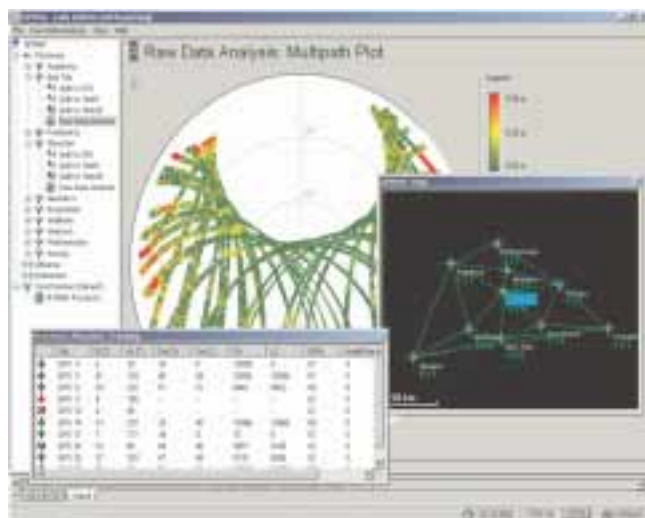


Figura 4. Pantalla de Análisis multipath

Además GPSnet incluye la opción Web Server, que permite una fácil administración y distribución de todos los archivos RINEX, además de ficheros de navegación, observación, meteorológicos, etc.



Figura 5: Red VRS en Suiza con GPSNet de Trimble



Figura 6: Red VRS en Dinamarca con GPSNet de Trimble
<http://www.GPSNet.dk>



Figura7: Red VRS del ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya). Primera red VRS en España

4. COMUNICACIONES

Podemos utilizar diferentes métodos para transferir los datos desde las estaciones remotas al centro de control.

- Líneas analógicas o digitales continuas (RDSI, DSL, Cable, PLC, Satélite, etc.). Este método requiere un modem en la estación de referencia y en el centro de control. Cuando tengamos conectados varias estaciones de referencia necesitaremos un *router*, éste enviará los datos a través de nuestra red de área local (LAN) al ordenador central. El ordenador donde tenemos instalados GPSNet recibirá los datos vía IP desde el *router* identificando cada estación de referencia mediante los puertos TCP/UDP.
- Otro tipo de conexión es elegir una conexión *Frame Relay*. Este tipo de conexión es la más apropiada, sobre todo para largas distancias. Aunque no siempre podremos disponer de este tipo de conexiones y su coste es más elevado.
- En casos de estaciones en puntos inaccesibles o lugares remotos, podemos utilizar conexiones VSAT vía satélite. Este método es el utilizado por el ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya) para sus comunicaciones en su red VRS.

En ambos casos los datos desde el receptor al servidor central GPSNet pueden verse directamente desde el receptor o a través de un ordenador en la estación de referencia remota con un software como GPSBase. Los datos desde el servidor GPSNet a el usuario en el campo pueden ser transferidos vía GSM o a través de líneas digitales móviles como GPRS.

Las llamadas entrantes desde los teléfonos móviles pueden ser gestionadas de dos formas. Mediante un servidor de acceso, como un CISCO AS5300 que permite a los usuarios conectarse utilizando un teléfono móvil GSM y un mismo número de teléfono al que llamar todos los usuarios. El servidor de acceso asigna una dirección IP a cada uno de los usuarios para conectarse al GPSNet que crea una conexión RTCM para la posición de cada uno de los usuarios conectados, quedando un registro en el sistema de todas las conexiones, tiempos de acceso, estado de los *rovers*, etc. Otra forma de conexión de los

usuarios al centro de control es vía GPRS, cuando el centro de control posee una conexión a Internet tipo DSL, Cable, etc., con IP estática o dominio. El usuario debe conocer la IP o la URL del centro de control, pero a diferencia del método anterior la autenticación del usuario no es el número de teléfono, sino un nombre de usuario y una *password*, igualmente queda un registro en una base de datos de los accesos de todos los usuarios, tiempos de conexión, estado de los *rovers* (fijos o flotantes), etc.

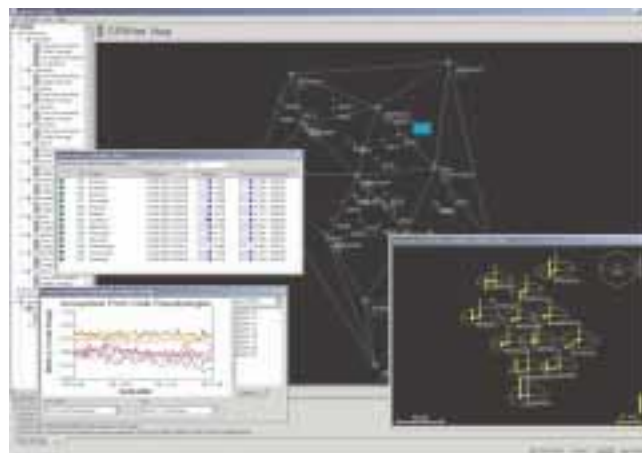


Figura 9: GPSNet gestionando una red VRS mostrando posiciones de los “rovers” conectados, retardos en las señales desde las estaciones, actividad ionosférica y control de coordenadas de las estaciones

5. RESULTADOS REALES

Como prueba para analizar los resultados se utilizó una red alrededor de la ciudad de Munich, en Alemania. Esta experimentación ha sido controlada de forma continua por el software GPSNet. La red consistía en 7 estaciones de referencia, cada estación de referencia con un receptor de doble frecuencia permanentemente conectado a la oficina de Trimble Terrasat con líneas de banda ancha (DSL, Cable, etc.). La configuración de la red se puede ver en la figura, incluyendo la longitud de las baselíneas.

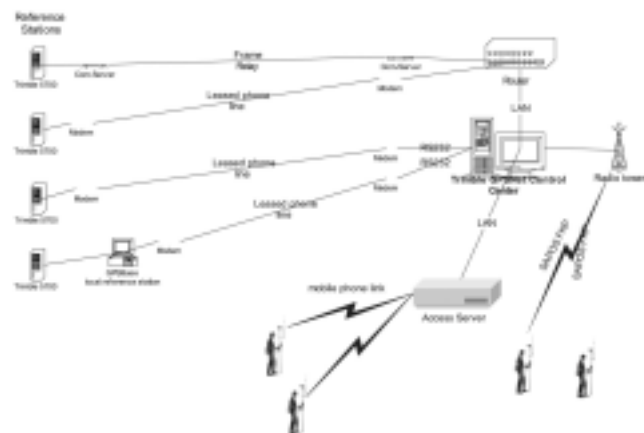


Figura 8: Esquema de conexiones con servidor de acceso



Figura 10: Red de pruebas en Munich

El software de redes RTK de Trimble GPSNet puede operar en modos VRS y *broadcast*. El modo *broadcast* fue el utilizado en la descripción siguiente.

Cuatro pruebas simultáneas fueron realizadas en un periodo de 40 horas para evaluar el rendimiento en modo de estación de referencia sencilla y en modo VRS. Cuatro receptores Trimble fueron conectados a la misma antena actuando como *rovers* en la oficina de Trimble Terrasat en Höhenkirchen. La base línea simple era la de Munich y Toelz con dos receptores 5700 que daban lugar a dos base líneas de 16 y 32 km respectivamente. Las correcciones de red eran las recibidas en los dos receptores de Höhenkirchen. Unas de estas correcciones eran las calculadas con toda la red y otras correcciones eliminando la estación de referencia más cercana, que era Munich.

Error Norte (32 km de Baselines):

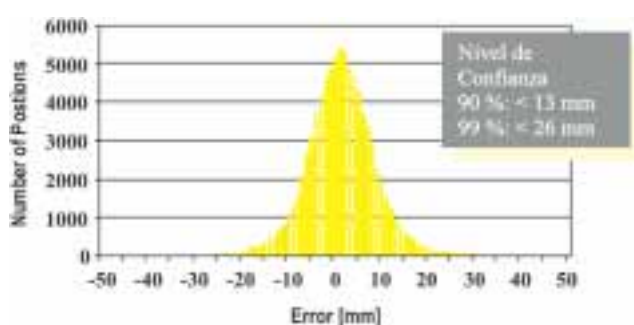


Figura 11

Error Este (32 km de Baselines):

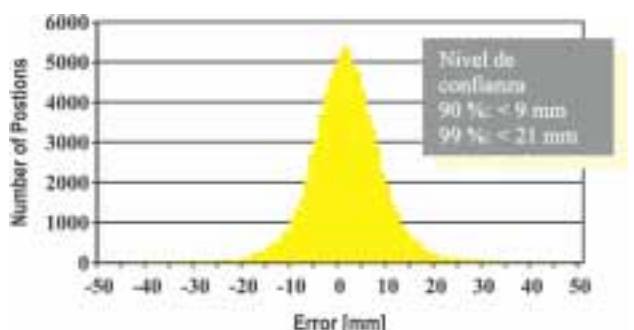


Figura 12

Error en altura (32 km de Baselines):

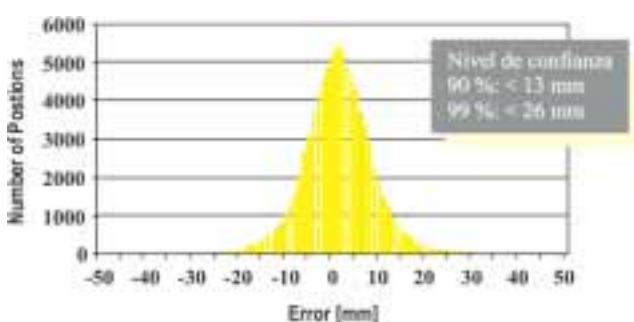


Figura 13

Inicialización Time (32 km Baseline):

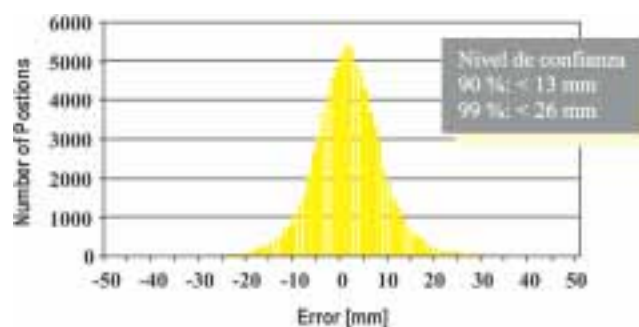


Figura 14

6. ÁREAS DE APLICACIÓN

El concepto de VRS (Virtual Referente Station), implementado por GPSNet y RTKnet, permite que múltiples aplicaciones sean realizadas de forma más eficiente y con largas distancias entre estaciones de referencia, eliminando la necesidad de una estación de referencia propia o temporal.

- Topografía
- Catastro
- Fotogrametría
- GIS
- Servicios (Agua, Gas, Electricidad)
- Control de maquinaria
- Control de deformaciones
- Control de flotas
- Agricultura de precisión
- Hidrografía
- Medioambiente.

7. CARACTERÍSTICAS GPSNet

- Modelizado completo de la red de estaciones de referencia con todos los errores sistemáticos mediante algoritmos matemáticos
- Modelizado del efecto *multipath* en tiempo real
- Uso de órbitas ultra rápidas
- Generación de RTCM 2.1, 2.3, 3.0
- Generación de CMR y CMR+
- Generación de RTCM con mensaje SAPOS FKP
- Almacenaje de datos RINEX, OBS, DATA
- Creación de fichero RINEX VRS para post-proceso
- Identificación del número que llama en combinación con servidor de acceso CISCO en llamadas de usuarios GSM

- Soporte de protocolo NTRIP para autenticación de usuarios y conexiones a través de Internet Ej. GPRS.
- Generation de informes
- Generación de alarmas.

6.1. Hardware y software requerido

GPSnet requiere del siguiente hardware:

- Windows 2000
- Requerimientos mínimos: Pentium PC con >500MHz, 512 MByte RAM, 10 GByte Hard Disk, Super VGA, ratón y teclado (< 10 estaciones)
- Recomendado: Pentium PC con >2GHz, 1 GByte RAM, >80 GByte Hard Disk, Súper VGA, ratón y teclado (< 40 estaciones)
- Conexiones de datos continuas entre las estaciones de referencia y el centro de control
- Modems para las llamadas recibidas vía GSM o una sola línea de teléfono con servidor de acceso, como CISCO AS5300 que permite atender un numero elevado de usuarios con una sola línea (un solo número de teléfono).
- Conexión continua de banda ancha con IP estática o dominio para las conexiones a través de Internet (Ej. GPRS)

6.2. Conexiones y estaciones soportadas

GPSnet soporta las siguientes conexiones a las estaciones de referencia y a usuarios RTK conectados en el campo cuando usamos un ordenador Pentium 2 a 2Ghz con dos procesadores y 1 Gbyte de RAM.

- 40 estaciones de referencia
- 50 rovers.



Figura 15: Red VRS en Japón con 525 estaciones de referencia gestionado por GPSNet



Figura 16: Servidores centrales de la red JENOBA VRS de Japón gestionada por Trimble GPSNet

El software es altamente configurable y permite repartir la carga de trabajo de cálculo en diferentes servidores para soportar un mayor número de estaciones de referencia y usuarios conectados. El modulo de comunicaciones con los usuarios también puede ser instalado en servidores separados de los que realizan el calculo.

7. CONCLUSIÓN

7.1. Ventajas de una red VRS comparada con una red de estaciones de referencias simples

- Considerable reducción de los errores con el crecimiento de la longitudes de la baselíneas
- Mayor precisión
- En una estación de referencia simple la fiabilidad y el rendimiento decrece con la distancia de las baselíneas
- No existe dependencia de una sola estación de referencia
- Un solo número de teléfono (dirección IP en caso de usar GPRS) para toda la red y todos los usuarios
 - El administrador de la red tiene el control de todas las estaciones y sabe lo que ocurre en cada una de ellas desde el servidor central
 - Autenticación y control de usuarios
 - Podemos conocer el uso real ¿Quién usa el servicio? ¿Cuánto se utiliza? ¿Cuándo se utiliza?
 - Podemos ofrecer diferentes servicios para diferentes usuarios (sin coste o de pago).

7.2 Ventajas para el usuario de una red VRS con GPSNet

- No necesita una estación de referencia local
- Los usuarios trabajan todos en un marco de coordenadas global
- Aumento de la productividad, fiabilidad y precisión
- Menor coste (solo precisas un receptor)
- Un solo número de teléfono o dirección IP para toda la red
- Comunicaciones configuradas. ■

AHORA PAGUE SUS COMPRAS EN 6 o 12 MESES SIN INTERESES

6 meses
12 meses

Financiamos el 85% IVA incluido
Financiamos el 75% IVA incluido
C.E. 1% - C.A. 1%

Oferta de lanzamiento Medidor de Distancia Láser
Trimble HD-360 y Nivel Automático+Trípode de Aluminio+Mira
Telescópica

Disponemos de servicio de alquiler de GPS TRIMBLE

Consulta nuestros precios y te sorprenderás

OFERTA ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE 3306DR
+ COLECTOR DE DATOS DATA V50

5.430 € + IVA

“Alquile sus equipos en el parque de maquinaria
más actualizado y numeroso de España, en
el que dispone de GPS, estaciones totales,
colectores de datos, niveles automáticos y
láser, ...”



Estación Total Trimble 3600DR con ACU
Precisión angular: 10cc
Precisión en distancias: 2mm + 2ppm
Alcance: 2.500 m
Controlador ACU: con software Trimble Survey Controller
Medición sin prisma
Disponible en 10cc y 15cc



Trimble 3303
10cc-1.500 m - 3mm+ 3ppm
Trimble 3303
15cc-1.300 m - 5mm+ 3ppm
Trimble 3306
15cc-1.300 m - 5mm+ 3ppm

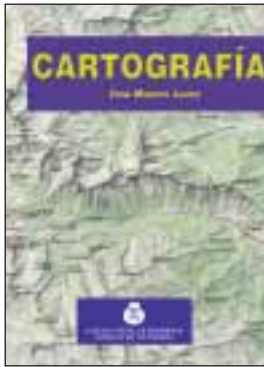


Medidor de Distancia Láser
Trimble HD-360



Colector de datos DATA V50 bajo Psion Workabout:
Introducción y salidas de datos en formatos:
CLIP, ISTRAM, ISPOL, ficheros ASCII, etc
Taquimetría - Replanteo - Perfiles

Libros Técnicos



Título: Cartografía
Autor: José Martín López

33,10 € Ref. 701
(24,10 € colegiados y alumnos E.U.I.T.T.)



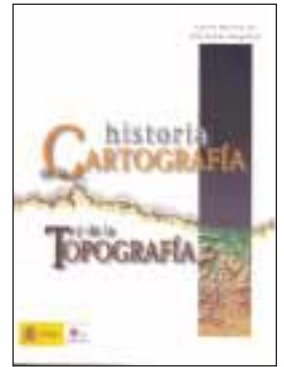
Título: Las series del mapa topográfico de España a Escala 1:50.000
Autores: Luis Urteaga y Francesc Nadal

21,03 € Ref.: 038



Título: Cartógrafos Españoles
Autor: José Martín López

27,10 € Ref.: 021



Título: Historia de la Cartografía y de la Topografía
Autor: José Martín López

41,60 € Ref. 039



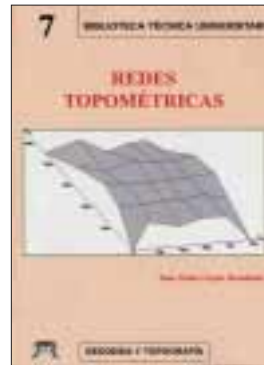
Título: Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital
Autor: José Luis Lerma García

43,34 € Ref. 5006



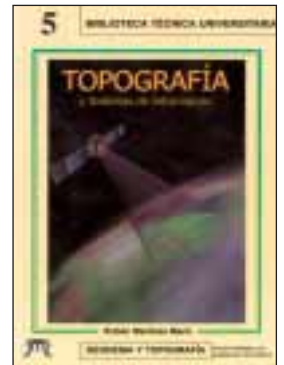
Título: Fotogrametría analítica
Autores: Felipe Buill - Amparo Núñez - Juan José Rodríguez

11,54 € Ref.: 804



Título: Redes Topométricas
Autor: Juan Pedro Carpio Hernández

22,83 € Ref. 6008



Título: Topografía y Sistemas de Información
Autor: Rubén Martínez Marín

18,10 € Ref.: 6006



Título: Problemas de Fotogrametría I
Autor: José Lerma García

10,20 € Ref.: 5001



Título: Problemas de Fotogrametría II
Autor: José Lerma García

11,75 € Ref.: 5003



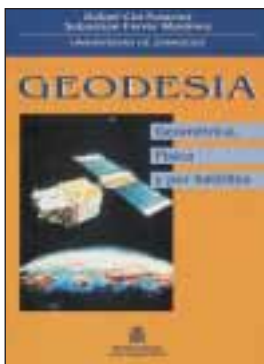
Título: Problemas de Fotogrametría III
Autor: José Lerma García

8,70 € Ref.: 5002



Título: Aerotriangulación: Cálculo y Compensación de un bloque fotogramétrico
Autor: José Lerma García

18,54 € Ref.: 5004



Título: Geodesia (Geométrica, Física y por Satélites)
Autores: R. Cid Palacios y S. Ferrer Mtnez.

24,10 € Ref.: 030



Título: Geodesia y Cartografía Matemática
Autor: Fernando Martín Asín

32 € Ref. 205



Título: Transformaciones de coordenadas
Autores: J. A. Pérez y J. A. Ballell

18 € Ref.: 6007



Título: Catastro de Rústica
Autores: José Luis Berné Valero y Carmen Femenia Ribera

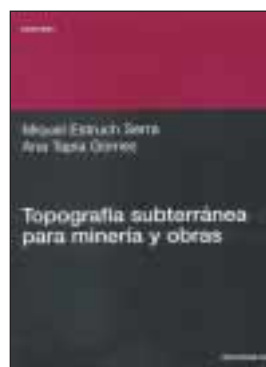
31,68 € Ref. 5005



Título: **Sistemas de Información Geográfica. Prácticas con ArcView**
 Autores: N. Lantada Zarzosa y M. A. Núñez Andrés
19,00 € Ref. 803



Título: **Topografía de obras**
 Autor: Ignacio de Corral Manuel de Villena
25,00 € Ref. 802



Título: **Topografía subterránea para minería y obras**
 Autores: Miquel Estruch Serra y Ana Tapia Gómez
30,00 € Ref. 804



Título: **Fundamentos Teóricos de los Métodos Topográficos**
 Autor: Alonso Sánchez Ríos
15,70 € Ref. 6002



Título: **Problemas de Métodos Topográficos (Planteados y Resueltos)**
 Autor: Alonso Sánchez Ríos
15,70 € Ref. 6003



Título: **Tratado de Topografía 1**
 Autores: M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné
42,10 € (36,10 € coleg.) Ref. 2001



Título: **Tratado de Topografía 2**
 Autores: M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné
51,10 € (42,10 € coleg.) Ref. 2002



Título: **Tratado de Topografía 3**
 Autores: M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné
36,10 € (30,10 € coleg.) Ref. 2003

Los tres volúmenes: 129,22 € (90,15 € colegiados)



Título: **Instrumentación para la Topografía y su cálculo.** Autor: Ignacio de Paz
26,75 € (+CD por 33,70 €)
 Ref. 7001



Título: **Introducción a las Ciencias que estudian la Geometría de la Superficie Terrestre**
 Autores: J.J. de San José, J. García y M. López
30,10 € Ref. 6001



Título: **Replanteo y control de presas de embalse**
 Autor: Antonio Santos Mora
12,10 € Ref. 302



Título: **Curso básico de replanteo de túneles**
 Autor: Antonio Santos Mora
9,10 € Ref. 303

Boletín de Pedido a la Revista **TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA**

Avda. de la Reina Victoria, 66, 2.º C – 28003 Madrid
 Teléfono: 91 553 89 65 – Fax: 91 533 46 32

N.º Ref.	Cantidad	Título	Precio unitario	Total

Gastos de envío (3 € Europa, para otros países consultar)

Nombre

Dirección Tel.

Ciudad..... Provincia C.P.

Forma de pago: ☐ talón nominativo ☐ giro ☐ transferencia C/C: 2032-0037-50-3300010988

Remitir justificante de giro o transferencia.

NOTA: Estos precios son con IVA incluido.

Novedades Técnicas

NUEVO SITIO WEB DEL IGN

Hace algunos meses, se consideró conveniente rediseñar el sitio Web correspondiente al Instituto Geográfico Nacional, con el propósito de adecuarlo a la imagen corporativa del propio Ministerio así como implementar nuevos servicios al ciudadano. En este sentido se ha procedido a un nuevo diseño que, manteniendo las pautas institucionales, sea innovador, con gran cantidad de información disponible, tanto alfanumérica como gráfica, de la multitud de servicios existentes en el IGN.

En primer lugar, se ha pretendido que los dominios existentes **mfom.es**, **oan.es** e **ign.es** puedan coexistir sin ocasionar complicaciones al usuario, como sucedía anteriormente, a la hora de una navegación Web. De este modo, la información general y de organización reside en el dominio **mfom.es** de forma idéntica a la presentada por otras Direcciones generales dentro del Ministerio de Fomento. En esta primera página de entrada se ponen de manifiesto las distintas áreas temáticas en que pueden dividirse los cometidos técnicos del IGN así como un enlace directo a aquellos servicios que por su naturaleza dinámica se encuentran alojados en el dominio **ign.es**. Sin embargo, este cambio de dominio no es detectado por el usuario, evitándole las complicaciones inherentes que podría tener.

Desde el punto de vista práctico los contenidos han sido ampliados, suministrándose información no sólo de productos existentes sino aumentando los elementos que pueden visitarse. Es de especial importancia la información gráfica tanto de cartografía como de imágenes del territorio que se han puesto para su visita y consulta. En este sentido y para facilitar una visualización rápida, se ha aumentado la velocidad de la línea de acceso, que permite una rápida descarga de información. En los casos en que se presentan productos que se comercializan existe la posibilidad de pasar al sitio web del CNIG para proceder a su petición.

Otra parte también novedosa de la nueva Web del IGN es la correspondiente a la información recogida sobre órganos colegiados dependientes de esta Dirección General, como el Consejo Superior Geográfico que a través de su Comisión de Geomática ha puesto en marcha un Geoportal de la infraestructura de Datos Espaciales de España, **idee.es** que, aunque con dominio distinto, opera dentro de los servicios corporativos del IGN.





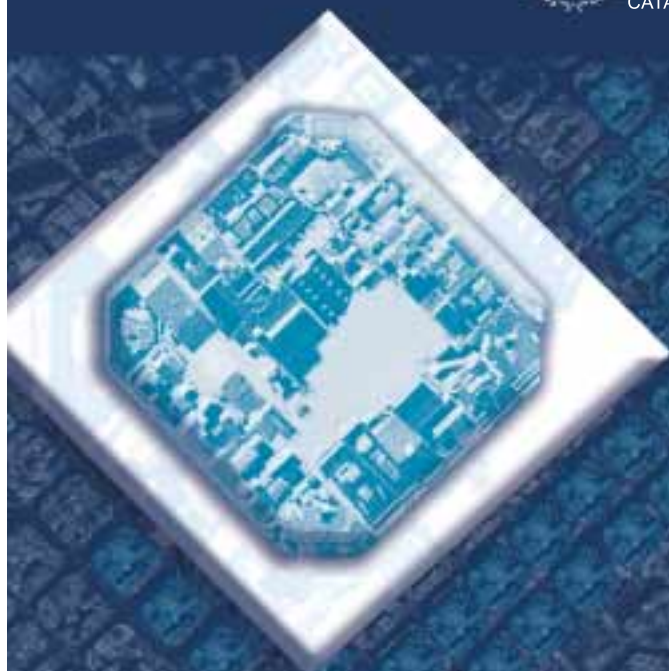
Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona



Col·legi Oficial
d'Enginyers Tècnics
en Topografia
CATALUNYA



INSTITUT DE
GEOMÀTICA



Lugar de celebración:

Fira de Barcelona
Palacio de Congresos
Av. Reina Maria Cristina, s/n
www.firabcn.es

Geodesia

Navegación

Fotogrametría

Teledetección

Cartografía

Sistemas de Información
Geográfica (SIG)

Sesiones en castellano
e inglés

Tema Central: Sensores de alta resolución y sus aplicaciones

ORACLE®

 **Esri**
ESPAÑA
GRUPO IEP

 **S&C**
Geo-technologies

 **hp**
invent

Participa enviando tu resumen a través de nuestra web:
www.setmana-geomatica.org

NUEVO NIVEL ELECTRONICO LEICA SPRINTER

Leica Geosystems ha sacado al mercado LEICA SPRINTER, el primer nivel electrónico del mundo de fácil manejo a un precio asequible.

El nivel electrónico LEICA SPRINTER ha sido diseñado aprovechando la experiencia de más de 15 años en este sector. LEICA SPRINTER destaca por la alta eficiencia, su funcionalidad única, la confianza del usuario y porque es muy económico. El nivel electrónico LEICA SPRINTER ofrece todo lo que se espera de un instrumento de construcción: pantalla grande, detector de inclinación, interfase, aplicaciones incorporadas, protección contra polvo y agua y compatibilidad con el programa informático de gabinete a través de un puerto de conexión RS232. Todo esto a un precio asequible.

El LEICA SPRINTER ha sido diseñado para aumentar la productividad y es muy sencillo de utilizar; exacto y eficiente. En menos de tres segundos, las medidas tomadas aparecen en pantalla y acto seguido se graban automáticamente, funcionando tanto en interiores como en las condiciones más duras de la obra, pudiendo dejarse al sol o bajo la lluvia sin verse afectado por ello. Puede operar en condiciones de rayos y tormentas, cuando la lectura manual de la mira es más difícil, con poca iluminación, en túneles y también en la oscuridad con una linterna.

El ojo electrónico del LEICA SPRINTER elimina la mayoría de los errores de nivelación, evitando los errores de transcripción. Gracias al detector de

inclinación incorporado, no deja tomar la medida hasta que el instrumento no esté nivelado. Otras funciones importantes añadidas son la medición continua, posibilidad de realizar lecturas con la mira inversa, programa de ajuste incorporado, ahorro de energía automático y posibilidad de introducir niveles reducidos.



LEICA SPRINTER está disponible en cuatro modelos (100/100M/200/200M) según las diferentes aplicaciones, variando desde los 1,5mm hasta los 2,0mm de precisión (desviación típica en medición de altura por 1km de nivelación doble según ISO 17123-2). EL modelo M tiene memoria interna para almacenar 500 medidas y posee un puerto de comunicación RS232 para poder gestionar cómodamente los datos con el ordenador. El nuevo programa informático LEICA Geo Office Tools, suministrado con los modelos 100M y 200M LEICA SPRINTER, permite que los datos almacenados puedan ser transferidos, en varios formatos, a un ordenador personal.

Para más información, visite la página web www.leicageosystems.com

NUEVA DIRECCIÓN DE LEICA GEOSYSTEMS EN MADRID



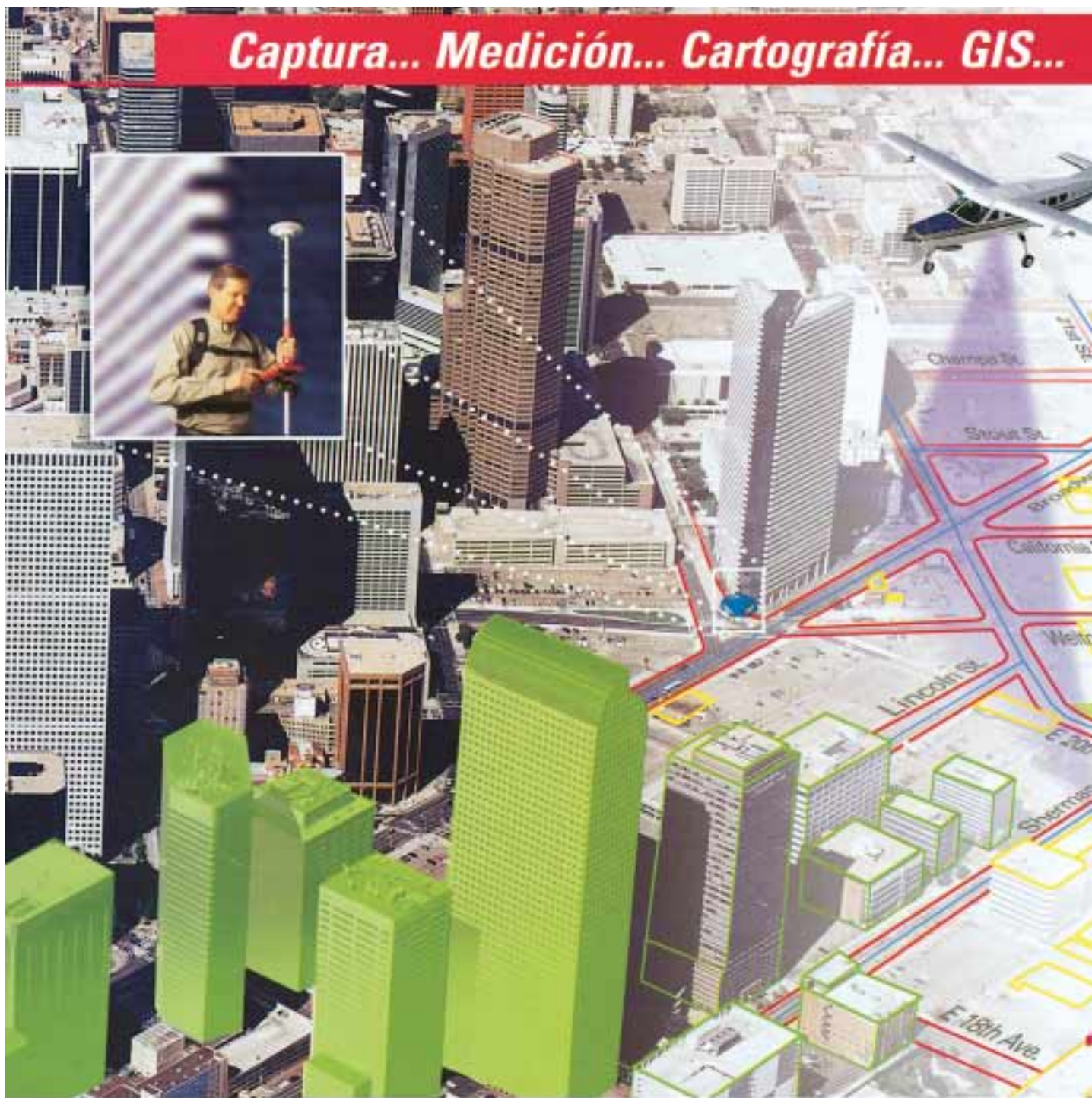
Nuevas oficinas de Leica Geosystems en Madrid

Desde mediados de Agosto, Leica Geosystems ha cambiado su sede en Madrid. La nueva está situada en el Edificio Trebol, sito en la calle **Doctor Zamenhof, 22**, junto al hotel Meliá Avenida de América y a pocos metros del Parque Quinta de los Molinos, en el distrito madrileño de Ciudad Lineal.



Personal de la oficina de Madrid de Leica Geosystems

Captura... Medición... Cartografía... GIS...



Nunca antes ha sido tan sencillo integrar información GIS. Utilizando los sistemas de flujo geoespacial de la división de GIS & Mapping de Leica Geosystems puede capturar, procesar y actualizar sus datos con la seguridad de obtener resultados precisos.

Utilice nuestros sensores digitales, LIDAR, cámaras y GPS para adquirir datos y mediciones. Extraiga mapas, ortofotos y MDT con nuestras estaciones fotogramétricas. Procese, visualice, analice y exporte la información con nuestro software de tratamiento de imagen geográfica.

Sea cual sea su flujo de trabajo, Leica Geosystems dispone de una solución integrada a la medida de sus necesidades.

Leica Geosystems GIS & Mapping, S.L. General Diaz Porlier, 18. 28001 Madrid. Tel.: 915 766 579. Fax: 915 764 408.
www.gis.leica-geosystems.com

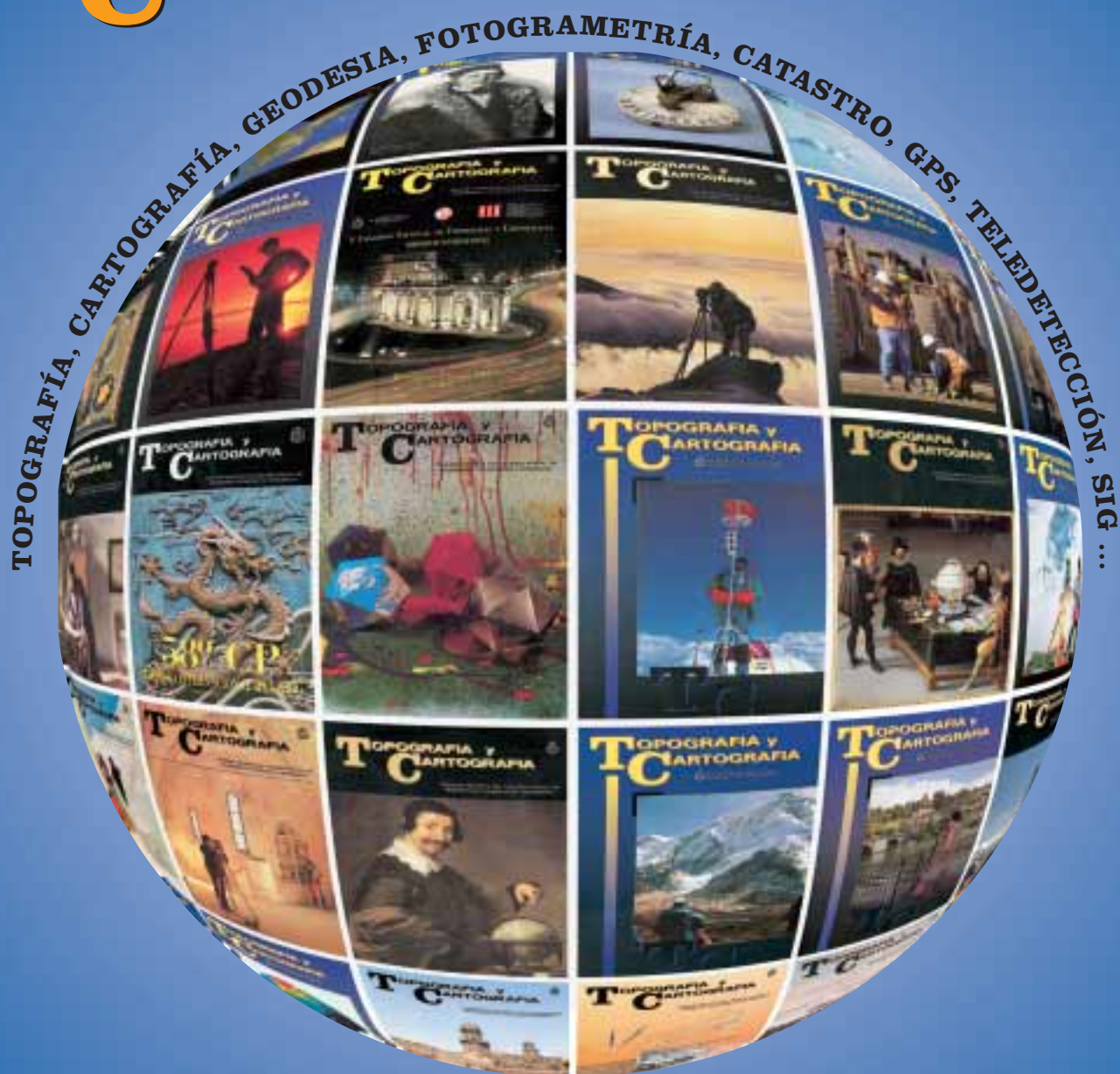


ERDAS
geographic imaging made simple™

LH Systems

Leica
Geosystems

TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

SI DESEA ESTAR AL DÍA Y TENER INFORMACIÓN MUNDIAL SOBRE TOPOGRAFÍA, CARTOGRAFÍA, CATASTRO, GEODESIA, FOTOGRAMETRÍA, GPS, etc., suscríbase

El precio de la suscripción para el año 2004 es de:

Correo ordinario

España	33 €	☐	45 €	☐
Países C.E.E.	46 €	☐	67 €	☐
América	46 €	☐	74 €	☐ (con suplemento aéreo)
Otros países	48 €	☐	75 €	☐ (con suplemento aéreo)

Correo certificado

Estudiantes (remitir justificante de estar matriculado en el curso 2003-2004) 27 € ☐

NOMBRE Y APELLIDOS

DIRECCIÓN, POBLACIÓN

PROVINCIA, CÓDIGO POSTAL, PAÍS, TEL. CONTACTO

Adjunto ☐ cheque o justificante de ☐ giro ☐ transferencia para la suscripción del año 2004.

c/c n.º 1098-8.- CAJA DE AHORROS PROVINCIAL DE GUADALAJARA-Alcalá, 27 - 28014 MADRID

Remítase este Boletín a **Topografía y Cartografía**. Avenida Reina Victoria, 66, 2.º C - 28003 MADRID - Tel. 91 553 89 65 - Fax 91 533 46 32 - E-mail: topografiaycartografia@top-cart.com

Indice Comercial de Firmas



Alquiler y venta de instrumentos topográficos

C/ Bofarull, 14, Bajos 08027 BARCELONA
Tel. 93 340 05 73 Fax 93 351 95 18
www.al-top.com e-mail: al-top@al-top.com



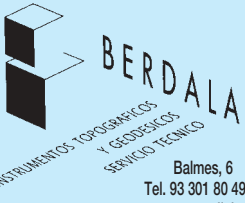
SERVICIO TÉCNICO OFICIAL

BATIMETRÍAS

- Levantamientos hidrográficos: marítimos o fluviales. Perfiles. Control obra marítima.
- Posicionamiento de dragados o vertidos.
- Toma de muestras georreferenciadas.

Embarcación propia, con GPS dif., Sonda y soft. de navegación

CB-TOP Casanovas-Berge Asoc.
C/ Trullols, 10 Ent. 2ª Barcelona (08035)
Tel./Fax: 93 418 66 02
Móviles: 629 34 16 26 / 630 02 47 01
E-mail: rb@cb-top.net



BERDALA
INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS
Y GEODÉSICOS
SERVICIO TÉCNICO

Balmes, 6 08007 BARCELONA
Tel. 93 301 80 49 Fax 93 302 57 89
e-mail: berdala@berdala.com
www.berdala.com



Trimble Ibérica, S.L.
Vía de las Dos Castillas, nº 33
ATICA. Edif. 6, Planta 3ª
28224 Pozuelo de Alarcón
Madrid - Spain
Tel. 91 351 01 00 • Fax 91 351 34 43
E-mail: ana_santos@trimble.com
<http://www.trimble.com>

EDEF
Estudio de Fotogrametría

Marqués de Lema, 7
Tel. 91 554 42 67
28003 MADRID

LEICA GEOSYSTEMS, S.L.
**Geodesia, Topografía,
Fotogrametría y Sistemas**

Oficina y Asistencia Técnica
Edificio Oasis
C/. Gustavo Fernández Balbuena, 11
28002 MADRID
Tel. 91 744 07 40 - Fax 91 744 07 41
C/. Nicaragua, 46, 5ª planta - 08029 BARCELONA
Tel. 93 494 94 40 - Fax 93 494 94 42



CENTRAL 902 19 01 22
ANDALUCÍA 958 45 14 03
LEVANTE 963 58 14 94
GUIPÚZCOA 943 37 61 16

<http://www.geocenter.es>




DISTRIBUIDOR OFICIAL
VENTA Y ALQUILER

Alvaro Molina Topografía-G.P.S.
Alquiler y Servicios Topográficos

Sistemas G.P.S.
Centimétrico, Decimétrico, Submétrico, Métrico

Tel. 670 248 852 • 670 243 059
e-mail: almolina@infonegocio.com

TOPCON ESPAÑA, S.A.
Instrumentos Topográficos

Frederic Mompou, 5 - Ed. EURO-3
08860 S. JUST DESVERN (Barcelona)
Tel. 93 473 40 57 - Fax 93 473 39 32

Avenida de Burgos, 16 E, 1.º
28036 MADRID
Tel. 91 302 41 29 - Fax 91 383 38 90

ATICSA
— Distribuidor Oficial —



INTERGRAPH TCP-IT

Venta y Alquiler de Material Topográfico
C/ Servando González Becerra, Local 25 (Plaza de las Américas)
Tel. 924 23 13 11 - Fax 924 24 90 02 - www.aticsa.net 06011 BADAJOZ



SANTIAGO & CINTRA
Distribuidor GPS 

Calle José Echegaray, 4 - P.A.E. Casablanca B5
28100 Alcobendas (Madrid)
Tel. 902 12 08 70 - Fax 902 12 08 71
e-mail: info@santiagocintra.es



Grafinta
SOCIEDAD ANÓNIMA
Distribuidor en España

PENTAX•ASHTech•THALES•ROLLEI
Topografía, GPS, Fotogrametría, Hidrografía
Avda. Filipinas, 46 - 28003 MADRID
Tel. 91 553 72 07 - Fax 91 533 62 82
E-mail: grafinta@grafinta.com
<http://www.grafinta.com>

ACRE

Alquiler y venta G.P.S.
Instrumentos Topográficos

Autovía Madrid-Toledo
925-490839 617 326454
www.acre-sl.com




DATUM
TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA, S.L.
ALQUILER Y VENTA DE GPS
ESTACIONES TOTALES Y ACCESORIOS

Cristóbal Bordiú, 35
Tel. 91 535 33 72
Fax 91 535 33 84
28003 Madrid
datum@arrakis.es




ALQUILER DE APARATOS DE TOPOGRAFÍA Y LÁSER

José Echegaray, 4. P.A.E. Casablanca I B5
28100 Alcobendas (Madrid)
Tel. 902 103 930 • Fax 902 152 569
e-mail: centro@laserrent.es • www.laserrent.es

Ningún equipo
está completo, sin un
buen

GUÍA

Mapas Guía, Series Turísticas
y Espacios Naturales del...

cnig

CENTRO NACIONAL
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



Y además...

Mapa Topográfico Nacional a escalas 1:25.000 y 1:50.000,
Mapas Provinciales a escala 1:200.000, Cartografía Digital,
Mapas Autonómicos, Mapas Serie World, Teledetección,
Fotografía Aérea, Atlas Nacional de España, Mapas en Relieve,
Cartografía Histórica, Libros, etc.

Oficina central: Monte Esquinza, 41 - 28010 MADRID
Comercialización: General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13
e-mail: consulta@cnig.es • webmaster@cnig.es
<http://www.cnig.es>